БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР

ТОМ XXII

3

УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ НАРКОМПРОСА РСФСР

БИОМЕДГИЗ — ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

МОСКВА 1937 ЛЕНИНГРАД

Ботанический Журнал СССР т. 22 (1937) № 3

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

I. ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Л. А. Знаменская. Тирозин в чайном листе 231

П. С. Ерыгин. К вопросу о завяливании листьев чая (с 2 рис.) . . . 237

Т. В. Щепкина. Влияние различных удобрений и влажности воздуха на структуру волокон льна и влияние структуры волокон на качество льна (с 11 рис.) 247

В. Поддубная-Арнольди и В. Дианова. Характер размножения некоторых каучуконосных и не каучуконосных видов рода *Taraxacum* L. (с 34 рис.) 267

С. П. Смелов. Вегетативное размножение луговых злаков (с 20 рис.) 296

II. ОБЗОРЫ

М. А. Гудлет. Строение и свойства пектиновых веществ. II Коллоидные свойства пектина 326

III. РЕФЕРАТЫ

IV. ХРОНИКА

Journal Botanique de l'URSS Tome 22 (1937) № 3

SOMMAIRE

Page

I. ARTICLES ORIGINAUX

L. A. Znamenskaya. Tyrosine in the leaf of the tea plant 236

P. S. Erygin. Zur Frage über das Anwelken von Teeblättern (mit 2 Abb.) 246

T. V. Ščepkina. Über den Einfluss verschiedener Düngstoffe und der Luftfeuchtigkeit auf den Bau der Flachsfaser und den Einfluss des letzteren auf die Qualität der Faser (mit. 11 Abb.) 265

V. Poddubnaja-Arnoldi and V. Dianova. Character of propagation in some species of the genus *Taraxacum* L. (with 6 tab.). . . 295

S. P. Smelov. Vegetative Regeneration in Meadow-Grasses (with 20 fig.) 324

II. REVUES

M. A. Goodlet. Structure et propriétés des substances pectineuses. II. Les propriétés colloidales du pectine (avec 5 fig.) (en russe) 326

III. NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

IV. CHRONIQUE

БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР

JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS

ОТВ. РЕДАКТОР АКАДЕМИК *В. Л. КОМАРОВ*
ЗАМ. ОТВ. РЕДАКТОРА *Н. А. БУШ*
ОТВ. СЕКРЕТАРЬ РЕДАКЦИИ *Е. И. ШТЕЙНБЕРГ*

ТОМ XXII

3

УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ НАРКОМПРОСА СССР
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
БИОЛОГИЧЕСКОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
937

РЕДАКЦИЯ
ОТВ. РЕДАКТОР АКАД. В. Л. КОМАРОВ
В. В. АЛЕХИН, Г. Г. БОССЕ (Москва),
Н. А. БУШ (зам. отв. редактора), Н. Н. ВОРОНИХИН, Л. А. ИВАНОВ, Л. И. КУРСАНОВ (Москва), Г. А. ЛЕВИТСКИЙ, акад.
В. Н. ЛЮБИМЕНКО, акад. А. А. РИХТЕР,
С. В. СОЛДАТЕНКОВ, В. Н. СУКАЧЕВ,
В. А. ТРАНШЕЛЬ, А. П. ШЕННИКОВ,
Е. И. ШТЕЙНБЕРГ (отв. секретарь).

Ответств. редактор *В. Л. Комаров* Техн. редактор *И. М. Фролов*

Сдано в набор 3/V—37 г. Подписано к печати 15/VI—37 г.
Леноблгорлит № 3011. Тираж 2250. Печ. лист. $7^1/_2$ У. авт. л. 13,22.
Ленбиомедгиз № 52/л. Бум. 72 × 110. Заказ № 1114.

Типография „Коминтерн“. Ленинград, Красная, 1.

ТОМ 22 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР 1937 № 3
TOME 22 JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS 1937 № 3

Л. А. ЗНАМЕНСКАЯ

Тирозин в чайном листе

(Получено 2/X 1936)

Приготовление черного чая является сложным как по технологическому процессу, так и по тем биохимическим реакциям, которые происходят в листе с момента отделения его от куста до готового продукта, идущего в продажу. Я не буду подробно касаться фабричной обработки, опишу ее вкратце: полученные путем подрезки чайного куста молодые его побеги (флеши) срываются руками или подрезаются ножницами. За последнее время для этой цели вводятся машины. В обычной практике лист, оставаясь еще некоторое время на плантации, транспортируется затем на фабрику. Здесь он подвергается процессу завяливания, т. е. оставляется на 18—20 часов разостланным тонким слоем на полу или на особых узких полосах, сделанных из полотна или бамбука; таким образом лист доводится до нужного состояния вялости и гибкости, которое необходимо для дальнейшей операции скручивания. Последняя проводится в так называемых роллерах, где, при небольшом нажимании, лист сдавливается и скручивается. При этом разрывается большое количество клеток и выступает наружу клеточный сок, принимающий главное участие в последующем процессе ферментации, который считается наиболее важным при фабричном приготовлении чайного листа. Для ферментации листья переносятся в затененную комнату с очень влажной атмосферой, где складываются слоями не более 1—2 дюймов толщины так, чтобы достигалась наилучшая аэрация. Здесь благодаря наличию в клеточном соке особого фермента — оксидазы происходит химический процесс окисления клеточного сока кислородом воздуха. Во время ферментации листья приобретают красноватый оттенок меди. Бесцветный таннин частично окисляется в красновато-коричневые продукты, давая главную составную часть и цвет чайного настоя; кроме того развиваются характерный запах и вкус чая.

После этого чайный лист подвергается высушиванию нагреванием в особых камерах током горячего воздуха и затем сортировке на сорта в зависимости от величины листа.

Все эти технологические приемы покоятся на теории д-ра Манна, который 30 лет назад впервые дал научное обоснование и объяснение всем тем операциям, которым подвергается чайный лист в процессе приготовления из него чая.

Изменения, происходящие в чайном листе в процессе его обработки, согласно этой теории, сводятся к изменениям таннидного комплекса листа; как известно, количество таннидов к концу технологического процесса уменьшается почти вдвое.

Проф. А. И. Потапов (3), после того как ему удалось впервые установить наличие фермента-тирозиназы и аминокислоты-тирозина [1] в чайном листе, выдвигает новую теорию, которая пытается осветить роль белкового комплекса, также претерпевающего изменения в процессе фабричной обработки. Белков в чайном листе содержатся большие количества. Еще в старой работе Кельнера (Kellner, 5) указано, что даже к концу вегетационного периода чайный лист гораздо богаче протеиновыми веществами, чем листья других деревьев.

Как известно из работ Осборна (Osborne, 6), присутствие тех или других аминокислот в составе молекулы белка имеет крупное значение для жизнедеятельности организма. Аминокислоты появляются в свободном состоянии в чайном флеше после его отделения от материнской ветки в процессе самопереваривания (автолиза) белков. Одной из первых отщепляющихся аминокислот следует назвать тирозин, который, как показали прямые опыты проф. Потапова, под действием фермента тирозиназы окисляется в хинон, придающий продуктам работы тирозиназы красные оттенки. Дальнейшее превращение хинона, заканчивающееся образованием меланина, — соединения неопределенного химического состава темного цвета, совершается без участия фермента тирозиназы и внешне выражается в постепенной смене окраски от красных до совершенно черных тонов.

Цветные изменения продуктов данного биохимического процесса вполне совпадают с таковыми же изменениями цвета чайных флешей в процессе приготовления чая. Во время этого процесса происходит покраснение листьев при скручивании в роллерах и, особенно, при ферментации. В период сушки листья сильно темнеют, и готовый продукт получается черного цвета. По мнению проф. Потапова, все эти изменения цвета можно объяснить изменениями белкового комплекса; он называет их меланотическим процессом превращения тирозина чайного листа.

В целях выяснения вопроса об изменениях белкового комплекса чайного листа мною было предпринято изучение количественных изменений тирозина в различные стадии технологического процесса приготовления чая. С разрешения директора Чаквинской чайной фабрики М. А. Сугак, сотрудницей Батумского Ботанического сада В. Цхоидзе были взяты образцы чайного листа с разных опытных участков и в разные стадии технологического процесса; образцы эти сразу убивались 15-минутным нагреванием в текучем пару и сушились при температуре 50° С.

Методика определения тирозина

В основу был взят метод Цуверкалова (Zuwerkalow, 7). Сущность его заключается в том, что сернокислая ртуть в присутствии азотной кислоты дает с тирозином красное окрашивание (Миллонова реакция), которое строго пропорционально количеству тирозина, и поэтому дает возможность определения этой аминокислоты колориметрически.

Метод удобен тем, что определение можно вести без предварительного гидролиза, что очень сокращает время анализа. При применении этого метода к вытяжке из чая, которая, как известно, является сильно окрашенной, в качестве осадителя белков и таннидов был взят тот же раствор сернокислой ртути, что и при окрашивании.

---

[1] Наличие тирозина в чайном листе позже было установлено и Опариным (2).

Затем было установлено время извлечения тирозина. Кроме того выяснилось, что при водных вытяжках можно прибавлять не 3 $см^3$ ледяной уксусной кислоты, а только $^1/_2$ $см^3$. Более удачным оказалось нагревание во время окрашивания опусканием в кипящую водяную баню, а не на голом огне, потому что в этом случае часто происходит перегрев, что вызывает выпадение мути, мешающей определению тирозина.

В окончательном виде был установлен следующий метод определения тирозина в водной вытяжке:

5 г. измельченного в порошок чая нагревается с 50 $см^3$ воды на кипящей водяной бане в течение 5 минут. После фильтрования с отсасыванием берется 5 $см^3$ сильно окрашенного в красновато-коричневый цвет фильтрата в мерную колбочку на 10 $см^3$ и прибавляется 1 $см^3$ $10^0/_0$ раствора сернокислой ртути в $5^0/_0$ серной кислоте для осаждения белков.

Долив воду до метки и взболтав, колбочку оставляют стоять 15-минут для полноты осаждения и затем фильтруют через сухой складчатый фильтр. 1 $см^3$ прозрачного, слабо окрашенного в желтоватый цвет фильтрата наливается в пробирку, туда же прибавляется $^1/_2$ $см^3$ ледяной уксусной кислоты — $2^1/_2$ $см^3$ воды + 2 $см^3$ $10^0/_0$ раствора сернокислой ртути в $5^0/_0$ серной кислоте и 1 капля $0,5^0/_0$ азотистокислого натрия. Пробирку нагревают в кипящей воде 1 минуту, в в это время уже начинает появляться розовая окраска. Стандартом служит $0,01^0/_0$ раствор тирозина в $2^0/_0$ серной кислоте. 1 $см^3$ этого раствора обрабатывается точно так же, как и испытуемый раствор. Через 30—40 минут оба раствора сравниваются в колориметре.

Тирозин появляется в чайном листе только через некоторое время после снятия его с куста. В свежем листе, непосредственно после снятия, тирозин отсутствует. Образцы, привозимые на фабрику, лежат на плантации после сбора их не менее 5—6 часов. В условиях большой влажности и высокой температуры субтропического климата в только что сорванном листе идет интенсивный распад белков, и поэтому неудивительно, что в „свежем листе“, привозимом на фабрику, мы имеем уже значительные количества тирозина.

Появление тирозина связано с расщеплением белкового комплекса листа, поэтому интересно было проследить изменения как последнего, так и вообще азотистых веществ, дающих понятие о запасе азотсодержащих соединений, в процессе технологии. Для этой цели были проведены определения общего, белкового и аминного азота в образцах „свежего“ листа и готового чая.

Данные всех анализов изложены в двух таблицах. В первой таблице собраны результаты определений общего и белкового азота. Определения велись из сухих навесок, так что цифры дают общие количества этих веществ в листе. Во второй таблице мы имеем определения аминного азота [1] и тирозина — веществ, которые определялись в водной вытяжке, т. е. чайном настое.

Общий азот определялся по микрометоду Кьельдаля, белковый — по Барнштейну, аминный по микрометоду Ван-Сляйка (1).

Из цифр, приводимых в табл. 1, видно, что чайный лист богат азотистыми веществами и на долю белкового азота приходится около

---

[1] В 1935 г., когда экспериментальная часть работы была уже сделана, появилась статья Галма (Hulme, 4), в которой автор указывает, что в присутствии таннина метод Ван-Сляйка дает повышенные результаты. В виду того, что чайный лист содержит много таннидов, вероятнее всего, что цифры, данные для аминного азота, являются повышенными.

ТАБЛИЦА 1

Количество общего и белкового азота на 100 г абсолютно сухого вещества чайного листа (среднее из двух параллельных)

Номера опытов	Состояние образца	Общий азот (в граммах)	Белковый азот (в граммах)	Гигроскопическая вода
Опыт I	„Свежий“ лист	5,55	3,62	8,87
» »	Готовый продукт	4,58	3,64	8,48
Опыт II	„Свежий“ лист	4,85	3,51	8,61
» »	Готовый продукт	4,61	3,58	8,62
Опыт IV	„Свежий“ лист	3,53	3,29	8,50
» »	Готовый продукт	3,38	3,33	9,17
Опыт V	„Свежий“ лист	4,14	3,45	8,76
» »	Готовый продукт	3,70	3,50	8,79

ТАБЛИЦА 2

Количество тирозина и аминного азота, переходящие в водную вытяжку на 100 г абсолютно сухого вещества чайного листа

Номера опытов	Образцы	Тирозин (в граммах)	Номера опытов	Образцы	Аминный азот (в граммах)
Опыт 1	„Свежий“ лист .	0,23	Опыт 1	„Свежий лист“ .	0,67
»	Через 19 час. завяливания . .	0,20	»	После сушки . .	0,70
»	После 2 час. скручивания .	0,25	Опыт 2	„Свежий лист“ .	0,69
»	После 2 час. 30 мин. ферментации . . .	0,27	»	После сушки . .	0,67
»	После сушки . .	0,32	Опыт 4	„Свежий лист“ .	0,67
Опыт 2	„Свежий лист“ .	0,24	»	После сушки . .	0,59
»	После 5 час. завяливания . .	0,27	Опыт 5	„Свежий лист“ .	0,76
»	После 10 час. завяливания .	0,26	»	После сушки . .	0,67
»	После 16 час. завяливания .	0,27	Опыт 4 (В)	Лист, убитый через полчаса после снятия с куста	0,36
»	После первого скручивания .	0,31			
»	После второго скручивания .	0,31			
»	После третьего скручивания .	0,32			
»	После 2 час. 30 мин. ферментации . . .	0,34			
»	После сушки . .	0,31			
Опыт 3	„Свежий“ лист .	0,28			
»	После 24 час. завяливания .	0,33			
Опыт 4 (В)	Лист, убитый через полчаса после снятия с куста	0,0			

Примечание. Термином „свежий“ лист мы обозначали лист, только что полученный на фабрике, т. е. пробывший на плантации не менее 6 часов после снятия с куста.

50% и более всего запаса азота. В процессе технологии количество общего азота уменьшается во всех образцах. Можно предположить, что происходит удаление аммиачного азота, хотя эксперимента в этом направлении нами проведено не было. Белковый азот остается почти без изменений.

Во второй таблице мы видим, что колебания в цифрах аминного азота очень незначительны и могут не приниматься во внимание. В определениях тирозина получается та же картина: если и есть увеличение количества его к концу технологического процесса, то оно весьма мало. Зато если сравнить эти цифры с таковыми для листа, убитого через полчаса после снятия с куста, то мы видим, что тирозин в последнем случае отсутствует совсем, а количество аминного азота уменьшается вдвое. К сожалению, за отсутствием материала, в последнем образце нельзя было провести определений общего и белкового азота. Но даже эти немногие исследования показали, что наиболее интенсивный распад белкового комплекса происходит до транспортирования листа на фабрику, и все последующие технологические приемы не могут вызвать изменений в этом направлении. А между тем в листе имеется еще большой запас аминокислот и в частности тирозина, находящихся в связанном состоянии, как это выясняется при определении этих веществ после гидролиза в „свежем“ листе и в готовом чае. Гидролиз проводился нагреванием образцов, измолотых в порошок, с 25% серной кислотой на песчаной бане в течение 12 часов. Аминный азот и тирозин определялись в гидролизате после отфильтровывания, нейтрализации и доведения до определенного объема.

Данные приведены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Количество тирозина и аминного азота на 100 г абсолютно сухого вещества чайного листа

Номер опыта	Образцы	Тирозин (в граммах)	Аминный азот (в граммах)
Опыт 2	„Свежий“ лист	0,73	3,05
„	Готовый чай	0,98	3,30

Незначительный распад белков все же происходит в процессе технологической обработки, но задачей дальнейшего является попытка добиться более полного отщепления тирозина, а может быть и других аминокислот.

В конечном результате нашего исследования можно сделать следующие выводы:

1. Свободного тирозина в чайном листе в момент его нахождения на кусте не обнаружено.

2. Тирозин появляется в сорванных с куста молодых листьях (флешах) уже во время пребывания их на плантации до поступления на фабрику.

3. Количество тирозина очень незначительно увеличивается в процессе технологической обработки.

4. Запасы тирозина связанного значительно превосходят количества тирозина свободного.

5. В целях получения бо́льших количеств свободного тирозина, а также и некоторых других аминокислот в готовом чае, желательно было бы разработать новые методы его технологической обработки.

Данная работа выполнена в Институте физиологии растений Академии Наук СССР, руководимом академиком А. А. Рихтером, под непосредственным руководством проф. А. И. Потапова, которым и приношу свою глубокую благодарность.

Директору Чаквинской чайной фабрики М. А. Сугак и сотруднице Батумского ботанического сада В. И. Цхоидзе за их содействие по взятию образцов чайных листьев для анализа также приношу свою благодарность.

Литература

1. Демьянов В. Я. и Прянишников Н. Д. Общие приемы анализа растительных веществ. 1933. — 2. Опарин А. Биохимия и технология чайного производства. Сов. Субтропики М. № 2, стр. 24—33, 1935. — 3. А. Потапов. Тирозиназа в чайном листе и ее вероятная роль в технологии чая. Доклады Академии Наук СССР. № 5—6, 1934. — 4. Hulme Alfred Cresswell. The estimation of amino-nitrogen by the Van-Slyke method in presence of tannin. Biochemical Journ. Vol. XXIX, № 2, 1935. — 5. Kellner O. Landw. Versuch. Stat., 33, S. 370, 1887.—6. Osborne Thomas. The Vegetable Proteins, 1924, London. — 7. Zuwerkalow B. Zur Frage der Tyrosinbestimmung mit Hilfe der Millonschen Reaktion. Hoppe-Seylor's Zeitschr. für physiologische Chemie. B. 163, S. 185. 1927.

L. A. ZNAMENSKAYA

Tyrosine in the leaf of the tea plant

Summary

The preparation of black tea is a complicated process as to its technology and the biochemical reactions occurring in the leaf from the moment it is plucked from the bush to the ready commercial product. The theoretical foundation of this process was given by Dr. Mann thirty years ago and according to this theory all changes in the leaf during the technological process consist in the alterations of the tannin complex and water loss.

Having succeeded in establishing the presence of the tyrosinase ferment and subsequently the presence of tyrosine amino-acid in the leaf, prof. Potapov enounced a new theory, attempting at the elucidation of the rôle played by the protein complex and the change it undergoes in connection with the technological process.

In order to clear up this question I undertook the investigation of the quantitative changes of tyrosine in specimens taken at different stages of the technological process. The investigation was carried out on the basis of Zuwerkalow's method with the introduction of some alterations required by its application to the tea leaf. In addition there was determined the total protein and amino-acid nitrogen in several specimens of fresh leaves and the ready product.

The analyses resulted in showing the breaking up of the protein complex to proceed in the tea leaf with the greatest intensity during the first 5—6 hours after the leaves are plucked from the bush i. e. at the time when the leaf is still on the plantation and the technological process promotes further breacking up in a very inconsiderable degree.

There is however a great supply of bound up tyrosine still present and the further task consists in obtaining greater quantities of this and other amino-acids in a free state, which would considerably increase the nutrient properties of tea.

ТОМ 22 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР 1937 № 3
TOME 22 JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS 1937 № 3

П. С. ЕРЫГИН

К вопросу о завяливании листьев чая

Из лаборатории физиологии растений Краснодарского сельскохозяйственного института, гор. Краснодар

С 2 рисунками.

(Получено 10/VII 1936)

Завяливание является одной из важнейших стадий сырьевой обработки листьев чая. В течение этого процесса в листьях происходит целый ряд физико-химических изменений, которые необходимы для последующих операций производства. Листья, отделенные от чайного куста, остаются живыми, поэтому на изменение их состава оказывают влияние не только внешние факторы, но и условия, создающиеся при их обработке. Следовательно для успешного контроля и управления процессом завяливания необходимо знать о пределе этих изменений и степени зависимости их от указанных выше условий. Уменьшение воды при завяливании влечет за собой, конечно, не только количественные изменения таннина и ароматических веществ (I), но вызывает и ряд биохимических превращений основных органических соединений. Углеводы, белки и продукты их распада являются теми основными веществами, которые подвергаются изменениям в листьях при изготовлении из них черного чая.

Приготовление чая известно уже не одну тысячу лет, а изучение процессов переработки начато совсем недавно. До последнего времени на процесс завяливания смотрели как на чисто физический процесс удаления воды с целью подготовки листьев к скручиванию; так, например, Бальд Клод (Bald Claud, 2) рекомендует вести завяливание до момента потери листьями половины воды. Это, по его словам, обеспечивает дальнейшую переработку листьев „без обламывания черешков и волокон". Кроме того естественно предположить, что процесс завяливания исключает возможность потери большого количества клеточного сока при скручивании. Бальд Клод, пользуясь работами Манна (Mann), указывает, что при завяливании происходит накопление ферментов, обусловливающих ароматичность чая (оксидазы).

Недавно появились работы, подтвердившие исследования Г. Манна (3). Эти работы устанавливают, что при завяливании происходят количественные изменения химических соединений в листовой пластинке, определяющих качество чая. Карпентер и Купер (Carpenter and Cooper, 1) считают, что при завяливании реакции, необходимые для получения качественного продукта, идут в желаемом направлении лишь после потери определенного количества воды. В своей работе они особое внимание уделяют изменениям таннина, который, по их представлению, в живых листьях всегда связан с каким-либо веществом (например таннин + сахар). Со смертью чайного листа происходит распад этого соединения, и таннин освобождается. В свободном состоянии он подвергается окислению оксидазами и превращается в коричневый таннин. Самый процесс завяливания, по их мнению, заканчивается при определенном количественном соотношении таннинов, связанного и свободного (коричневого).

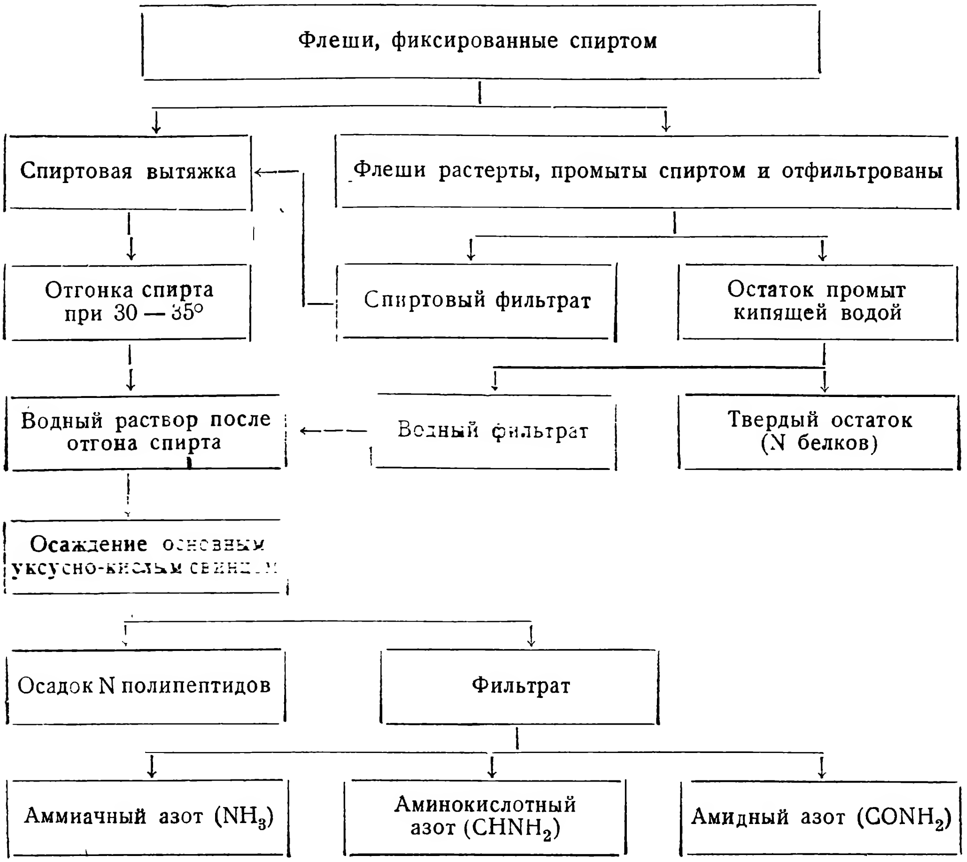
Не меньшего внимания заслуживает работа Деусса (Deuss, 4). Он изучал свежие и завяленные разными способами листья чая в отношении изменений содержания воды, золы, кофеина и таннина вместе с растворимыми веществами. Закономерных колебаний в содержании золы не обнаружено ни в молодых ни в старых листьях. Быстрое высушивание и высокая температура уменьшают количество таннина и растворимых веществ. Уменьшение таннина Деусс объясняет тем, что таннин соединяется с белками и становится нерастворимым и, таким образом, теряется для ферментации, что ухудшает качество чая. Ароматические вещества изменяются параллельно растворимым веществам.

Материал и методика

Сбор флешей производился при ясной погоде 20 октября с кустов, доставленных в г. Краснодар Зугдидской опытной станцией. Флеши состояли из 2-3 развернувшихся листочков. Собранный материал был распределен между восемью навесками по 18 г каждая; из них 4 были предназначены для определения сухого вещества, а другие 4 — для определения азотистых соединений. Из первой серии три навески пошли в опыт, а одна оставалась для определения величины водного дефицита и характеристики исходного сухого вещества. Водный дефицит определялся следующим образом: флеши опускались стебельками в чашку с водой и для ослабления транспирации покрывались стеклянным колпаком. Полное насыщение их водой устанавливалось взвешиванием. У навески до опыта оно наблюдалось через 3 часа, а у навесок после опыта — через 6 часов. Насыщенные водой флеши предварительно убивались парами хлороформа, а затем сушились в эксикаторе с уменьшенным давлением (30—40 мм ртутного столба) над фосфорным ангидридом при комнатной температуре. Высушенные флеши размельчались в ступке до тех пор, пока вся растертая масса не прошла через 0,25 мм сито. Этот материал в дальнейшем использовался для определения гигроскопичности сухого вещества и буферности его к изменению реакции. Гигроскопичность определялась учетом прироста веса взятой навески при нахождении ее в эксикаторе с 22,5% серной кислотой и температурой 30°. Буферность определялась путем учета изменения реакции от прибавления кислоты и щелочи к водной извести растертых флешей. Ход определения был следующий: в две маленькие пробирочки брались навески по 0,3 г (с точностью до 0,0004 г) воздушно сухого растертого материала и заливались водой (3 см^3). После двадцатиминутного настаивания при 15° С и трехкратного, в течение этого времени, перемешивания электролитически определялось pH. Учет концентрации водородных ионов производился сначала без прибавки, а затем после добавления 0,3, 0,6 и 1,2 см^3 0,1-н. H_2SO_4 в одной пробирке и 0.1-н. NaOH—в другой.

Из второй серии одна навеска фиксировалась кипящим спиртом тотчас, а остальные три — после опыта.

Обработка материала, фиксированного спиртом, производилась по схеме:


Флеши, фиксированные спиртом
Спиртовая вытяжка
Флеши растерты, промыты спиртом и отфильтрованы
Отгонка спирта при 30—35°
Спиртовый фильтрат
Остаток промыт кипящей водой
Водный раствор после отгона спирта
Водный фильтрат
Твердый остаток (N белков)
Осаждение основным уксусно-кислым свинцом
Осадок N полипептидов
Фильтрат
Аммиачный азот (NH_3)
Аминокислотный азот ($CHNH_2$)
Амидный азот ($CONH_2$)

Как видно из схемы, учитывались следующие формы азота: белковый и полипептидный сжиганием по Кьелдалю, аминокислотный — по Ван-Сляйку, амидный — по Саксу и аммиачный путем перегонки фильтра с магнезией при 32—38° (Лонги).

Для изучения влияния температуры и влажности воздуха на завяливание флешей в опыте принята была температура 20 и 30°, а относительная влажность воздуха 45 и 76%. В этих условиях флеши находились 20 часов,—срок, близкий к условиям производства. Указанные выше влажности воздуха создавались в стеклянных сосудах, емкостью 8 литров, помещая на дно их в одном случае $CaCl_2$ гранулированный, а в другом — NaCl кристаллический. Опыт ставился в трех сосудах:

А — имел температуру 20° и относительную влажность воздуха 45%
В — „ „ 30° „ „ „ 45%
С — „ „ 30° „ „ „ 76%

Температура поддерживалась погружением сосудов в соответственно нагретую воду. Равномерное распределение влажности в сосудах достигалось одновременным перемешиванием и обновлением воздуха в них. Первое, т. е. равномерное распределение влажности, достигалось тем, что навески флешей находились в постоянном движении, обновление же воздуха — протягиванием воздуха через сосуды помощью насоса. Все эти манипуляции требовали герметической укупорки сосудов. Для этого пробки, закрывавшие горла сосудов, покрывались слоем расплавленной желатины с глицерином. Среднее отверстие, через которое проходил вращающийся стержень, закрывалось ртутным запором. Схематическое изображение опыта и ртутного запора показано на рис. 1.

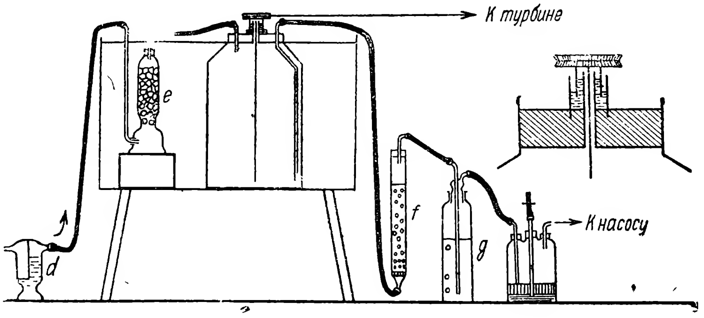


Рис. 1.

Воздух, проходивший через сосуды, предварительно очищался от CO_2 в промывалке Тищенко (*д*) и увлажнялся в колонках Фрезениуса (*e*). Для сосудов с влажностью 45% (*A* и *B*) колонки наполнялись хлористым кальцием, а для сосуда с влажностью 76% — поваренной солью. После сосудов воздух проходил через $^1/_{10}$-н. $Ba(OH)_2$ находившийся в трубке (*f*) с пористой пластинкой у основания. Полнота поглощения CO_2 контролировалась баритом в промывалке Дрекселя (*g*). Учет дыхания производился титрованием барита. Дыхательный коэфициент определялся манометрически в респираторах.

Сухое вещество и дыхание флешей

Насыщение флешей водой производилось с целью учета изменения водного дефицита после завяливания. Характер и количественная сторона потери воды навесками показаны в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Величина испарения и водный дефицит при завяливании

Температура и относительная влажность воздуха	Сосуды	Свежий вес в граммах		Потеря воды			После насыщения в граммах		Водный дефицит (в процентах)
		до опыта	после опыта	в граммах	в процентах от исходных навесок	в процентах от воды	вся навеска	изменение	
Исходный	—	18,05	—	—	—	—	19,45	1,40	7,2
20°C—45%	*A*	18,03	15,61	2,42	13,4	19,4	18,95	3,40	17,8
30°C—45%	*B*	18,00	11,35	6,65	36,9	53,3	14,99	3,65	24,3
30°C—76%	*C*	18,05	14,95	3,08	17,1	24,2	18,59	3,62	19,3

Наибольший водный дефицит, вызванный транспирацией, как и следовало ожидать, произошел в сосуде *В*. Эти флеши потеряли 36,9% своего исходного веса, т. е. немного больше половины воды, содержавшейся в них до опыта. Вдвое меньшая потеря наблюдалась у флешей из сосуда *С*. Наконец в сосуде *А* флеши испарили воды еще меньше. Сосуды *В* и *А* отличались друг от друга температурой на 10°, а сосуды *В* и *С* — влажностью воздуха (31%). Сравнивая потерю воды и водный дефицит, можно притти к заключению, что сухость воздуха обусловливает бóльшую потерю воды, нежели температура. Поскольку флеши из сосуда *В* потеряли то количество воды, которое считается по Бальд Клоду необходимым для нормального течения процесса, можно считать, что здесь завяливание прошло лучше, чем в остальных сосудах. При насыщении эти флеши обнаружили неспособность к полному восстановлению тургора. Такая участь постигла преимущественно молóдые листочки, слабо оправившиеся после насыщения; в остальных сосудах флеши тоже не достигли полного тургора, что видно по исходному материалу. При завяливании флеши теряют способность удерживать воду, и характер изменения этой способности связан с количеством испарившейся воды. Чем больше во время завяливания листья теряют воды, тем больше они утрачивают способность к восстановлению тургора. Нужно заметить, что у флешей из этих сосудов не было обнаружено никаких видимых признаков страдания от недостатка воды. Следовательно, изменения способности к восстановлению тургора были обусловлены причинами внутреннего порядка. Эти наблюдения над водным дефицитом показывают, что *при процессе завяливания флеши постепенно изменяют комплекс, обусловливающий насасывание воды.*

Сухое вещество живых листьев чая, как и других растений, в большей своей части состоит из веществ, находящихся в коллоидном состоянии. Особенно большой процент их имеется в листьях флешей как наиболее молодых частях чайного куста. Клетки их тканей еще не закончили свой рост и находятся в той стадии развития, когда главную массу ее составляет плазма.

Процесс завяливания, несомненно, сопровождается изменением качества и количества как белков, так и других коллоидов, образующих клеточные элементы. В случае потери воды одни коллоиды меняют свою дисперсность, другие претерпевают изменения в своей химической структуре. Быстрота отдачи воды также не может не отразиться на свойствах коллоидов, т. е. степень завяливания и скорость ее должны сопровождаться изменением коллоидного комплекса в листьях флешей. Исходя из этих соображений, помимо учета количества сухого вещества определялись гигроскопичность и буферность его. Результаты анализов видны из табл. 2 (стр. 242).

За время завяливания сухое вещество почти не меняется. Зато ясные изменения происходят с гикроскопичностью сухого вещества. Она заметно понижается при завяливании, хотя зависимости от внешних условий не обнаруживается.

При хранении готового чая одним из неприятных моментов, до сих пор еще не нашедшим правильного истолкования, является поглощение воды. По наблюдениям Манна, это поглощение может оказывать влияние даже на содержание таннина и растворимых веществ в готовом чае. Опыт, показывающий это, состоял в том, что распакованный чай выдерживался 17 часов на воздухе при 29—33° С. Перед опытом он содержал воды 2,2%, таннина — 13,5% и растворимых

ТАБЛИЦА 2

Изменение сухого вещества и гигроскопичности

Температура и относительная влажность воздуха	Сосуды	Абсолютно сухой вес (в граммах)	Гигроскопичность (в процентах)
Исходный	—	5,5270	27,5
20° C—45%	*A*	5,5270	25,7
30° C—45%	*B*	5,5258	25,2
30° C—76%	*C*	5,3274	24,9

веществ — 34,5$^0/_0$, после опыта же соответственно 17,03$^0/_0$, 13,27$^0/_0$ и 34,03$^0/_0$. Следовательно, впитывание воды из воздуха влечет за собой количественные и качественные изменения в мертвой листовой ткани черного чая. Количество воды в ней несомненно стоит в связи с гигроскопичностью ее сухого вещества. Поэтому изучение гигроскопичности необходимо не только для суждения о течении химических превращений, но и для контроля процесса завяливания; в условиях нашего опыта изменение водоудерживающего коллоидного комплекса идет в том же направлении, что и потеря воды флешами; только изменения у гигроскопичности выражены слабее. Колебание гигроскопичности указывает на изменения физико-химических свойств листьев, и поэтому может служить признаком, по которому можно судить о заканчивании процесса завяливания.

Не менее важным признаком биохимических изменений в листьях является колебание концентрации водородных ионов. Значение pH сухого вещества, полученного при разных способах завяливания, все время возрастало. Во флешах исходных и из сосудов *A*, *B* и *C* оно соответственно было — 5,25, 5,33, 5,42 и 5,49. Наиболее сильное смещение, равное 0,24 pH, произошло в сосуде *C*. Зявяливание в условиях этого сосуда происходило с глубокими превращениями вещества флешей. Увеличение pH видимо обязано распаду белков, который сопровождался значительным образованием аминокислот. Из аминокислот, обладающих щелочными свойствами, наиболее часто встречаются в растениях лизин и аргинин. Константы диссоциации у первого при 25° равны для $OH^- 1\times10^{-7}$, для $H^+ 1\times10^{-11}$, а у второго соответственно 1×10^{-7} и 1×10^{-14}. Эти кислоты, несомненно, приняли участие в изменении реакции, поскольку буферность чайных листьев была незначительна.

Испытание буферности показало небольшую сопротивляемость изменению реакции. Смещение последней констатирует, что в сухом веществе флешей содержание буферов, диссоциирующих с образованием гидроксильных ионов, больше чем водородных как до, так и после опыта. Буферы, противостоящие внесению кислоты при завяливании, разрушаются, а к внесению щелочи остаются неизменными.

Дыхание флешей в первые моменты завяливания во всех вариациях опыта изменяется в одном направлении с небольшой разницей количественного порядка. В сосудах с одинаковой температурой, но разной влажностью (45$^0/_0$ и 76$^0/_0$), флеши выделяют почти одинаковое количество CO_2 в течение первых двух учетных периодов. В остальное время до конца опыта наблюдается различие в количестве выделяемой CO_2. В сосуде *В* после восьмичасового пребывания выделение CO_2 замедляется при сохранении того же характера изменения во времени. В первые три периода за час в среднем выделяется 12,7, а за два последующие — 11,4 мг CO_2. Кривая выделения CO_2 (рис. 2) показывает, что образование CO_2 не связано с истощением дыхательного материала. Совершенно иной характер имеет кривая дыхания флешей из сосуда *С*, находившихся в условиях меньшего водного дефицита. За те же периоды количество CO_2, выделяемое за час, соответственно равно 12,9 и 12,7 мг. Флеши сосуда *А* с температурой 20° и влажностью 45% дали кривую, сходную с кривой сосуда *С*. Различие заключается лишь в том, что она сдвинута вправо.

Рассмотрение кривых показывает, что выделение CO_2 находится в сильной сависимости от водного насыщения флешей, причем этот фактор является доминирующим и определяющим направление процесса завяливания.[1]

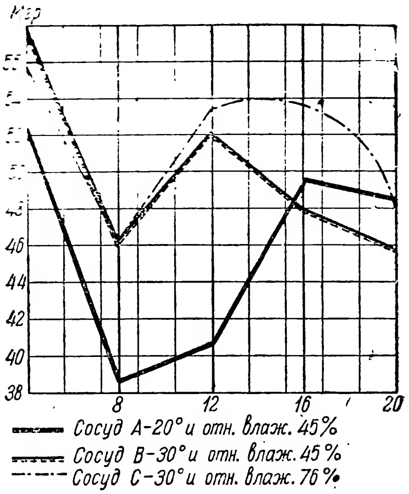


Рис. 2. Выделение CO_2 при завяливании.

Известно, что реакции, в результате которых образуется CO_2, требуют для своего течения определенного количества воды в живой ткани. К процессам, идущим с образованием CO_2 относятся нормальное дыхание, неполное сгорание углеводов, окисление белков, отщепление карбоксильных групп и пр. Следовательно интенсивность выделения CO_2 есть результат не только дыхания, но и других одновременно с ним происходящих реакций. Наличие последних чаще всего можно обнаружить у организмов, находящихся в необычных условиях существования. В частности, флеши, в разной степени терявшие воду, имели неодинаковые условия для гидролиза продуктов, из которых получаются дыхательный материал и вещества для реакций, ведущих к образованию CO_2. С другой стороны, от недостатка воды меняется в смысле дисперсности среда, в которой происходят эти реакции. Таким образом в условиях сосуда *В*, после двенадцатичасового пребывания флешей, ослабление дыхания обусловлено водным дефицитом.

Что при завяливании происходят окислительные процессы, не сопровождающиеся выделением CO_2, показывает величина дыхательного коэфициента $\left(\frac{CO_2}{O_2}\right)$. У флешей из сосуда *А* дыхательный коэфициент равен 0,87, из сосуда *В* — 0,82 и из сосуда *С* — 0,80. Из этих коэфициентов следует, что к концу опыта либо сжигаются вещества, бедные кислородом (спирты, белки, жиры), либо на процесс нормального дыхания накладываются процессы, сопровождающиеся поглощением O_2 без образования CO_2. Накопление спиртов мало вероятно вследствие того, что они образуются обычно при неполной аэрации. Сжигание белков, повидимому, также не происходило вследствие непродолжительности голодания флешей. Жиры в листьях представлены слабо; поэтому наиболее вероятным будет последнее предположение, состоящее в том, что часть поглощенного кислорода не сопровождается выделением CO_2 а идет на образование различных окисленных соединений. В сосуде *C* для этого были условия более благоприятные как в смысле температуры, так и продолжительной обеспеченности водой, поэтому флеши к концу опыта имели более низкий дыхательный коэфициент.

---

[1] Снижение дыхания, общее для всех условий опыта при втором наблюдении (8 час.), осталось для автора непонятным. Таких дефектов в опыте, как неравномерность тока и скопления CO_2, перед первым учетом не наблюдалось.

Азотистые вещества. Азотистым веществам чайного листа при исследовании уделялось очень мало внимания. Если в некоторых случаях белковые вещества экстрагировались водой и определялись, то это делалось главным образом с целью изучения влияния их на содержание таннина, растворимого в воде. Но при обработке материала кипящей водой собственно белки переходят в нерастворимое состояние. Этим только и можно объяснить „незначительное количество“ их в водной вытяжке, о которой говорят Карпентер и Купер. Однако из этого нельзя сделать того заключения, что белковые вещества „не представляют особого интереса“ для технологической обработки чая.

В процессе завяливания, скручивания и особенно ферментации, когда реакции идут интенсивно, белки, несомненно, могут подвергаться изменениям. Нельзя поэтому допустить, чтобы продукты распада белков не оказывали никакого влияния на биохимизм чайного листа при технологических процессах. При условиях, аналогичных завяливанию чайных листьев, листья табака (5) теряют до 35% белков. Флеши являются наиболее молодыми частями чайного куста и состоят из молодых клеток, главную массу которых составляет плазма. Последняя содержит значительный процент запасных белков, легко распадающихся с образованием кристаллических продуктов, среди которых по преимуществу аминокислоты (3) являются веществами, отрицательно влияющими на качество черного чая. Таким образом знание характера превращений азотистых веществ необходимо для сознательного управления процессом завяливания. К азотистым веществам чая относится еще и теин, содержание которого в листьях разного возраста неодинаково (6).

Распределение форм азота у флешей, имевших к концу опыта разный водный дефицит, представлено на табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Изменение азотистых веществ при завяливании
(в процентах от общего азота)

Формы азота / Температура и относительная влажность воздуха	Сосуды	Белковый азот	Растворимый азот					
			Сумма азота	Азот полипептидов	Азот аминокислот	Амидный азот	Аммиачный азот	Не определявшийся азот
Исходный	—	70,9	30,6	11,3	9,3	0,10	1,10	8,55
20° C—45%	*A*	68,4	31,5	10,6	10,0	0,33	1,20	9,12
30° C—45%	*B*	68,3	31,5	10,7	10,1	0,41	1,24	6,1
30° C—76%	*C*	67,1	32,9	11,0	11,2	0,44	1,14	9,0

Двадцатичасовое пребывание флешей в условиях питания за счет собственных запасов, т. е. при голодании, привело к небольшому изменению азотистых веществ, вследствие чего представить себе действительную динамику растворимой и нерастворимой частей азота невозможно по их абсолютному содержанию. О происходящих изменениях нерастворимой части азотистых веществ во время завяливания дает указание относительное содержание белков. Количество их уменьшается по сравнению с исходным от 3 до 4%, причем максимум распада запасных белков падает на флеши из сосуда *С*. Одинаковое положение их в сосудах *А* и *В* обязано тому, что флеши в сосуде *В* скоро потеряли тургор и жизнедеятельность с последующим замедлением ферментного гидролиза. В сосуде *А* обмен веществ подавлен сравнительно низкой, для процесса завяливания, температурой.

Из растворимых форм азотистых веществ явные изменения обнаруживаются у амидного азота и очень слабо—у аминокислот. Прирост последних тесно связан с расщеплением белков, вследствие чего они могут быть рассматриваемы как непосредственные продукты этих соединений. Дальнейшая судьба их не прослежена.

По **Карпентеру**, аминокислоты оказывают вредное влияние на качество чая тем, что они понижают содержание таннина (1). Однако поведение аминокислот при завяливании показывает, что если это верно, то соединение их с таннином, сахарами и другими веществами происходит в незначительных размерах.

Изложенные результаты опыта дают возможность сделать следующие выводы.

1. Флеши при завяливании утрачивают способность полного восстановления водного дефицита. За двадцатичасовой промежуток времени при температуре в 20° и относительной влажности воздуха в 45% флеши теряют половину воды (53,3%).

2. Содержание сухого вещества при завяливании уменьшается незначительно.

3. Актуальная кислотность у флешей уменьшается к концу завяливания с рН—5,25 по рН—5,49.

4. Гигроскопичность сухого вещества при завяливании понижается с 27,5 до 24,9%. Параллелизм изменений гигроскопичности со степенью завяливания дает возможность считать ее признаком, по которому можно судить о заканчивании процесса завяливания.

5. К концу завяливания дыхание понижается независимо от условий, в которых находятся флеши. Наибольшая интенсивность дыхания наблюдается при температуре в 30° и относительной влажности в 76%.

6. Азотистые вещества, осаждаемые по **Барнштейну**, понижаются незначительно. В растворимой фракции наблюдаются заметные изменения у амидного азота и очень слабые — у аминокислот, определяемых по **ван-Сляйку**.

Литература

1. **Carpenter** P. H. and **Cooper** H. K. Factors affecting the quality of tea. Ind. Tea Ass. 1922. Перевод Ильяшенко К. С. Тр. Пр. Бот. Т. XVIII, в. 3. — 2. **Bald**, **Claud**. Indian Tea, its culture and manufacture. Part II. Calcutta. 1922. — 3. **Mann** G. The ferment of the tea leaf. Part I, II и III. 1901—1904. Русские Субтропики. 1914. — 4. **Deuss** I. J. B. Завяливание и необходимые для него устройства. С голландского, перевод Эдигера. — 5. **Смирнов** А. И. и **Извощиков** В. Н. Сушка желтых табаков. Госуд. Ин-т Табаковедения. Выпуск 71. 1930.— 6. **Воронцов** В. Е. Особенности химического состава грузинского чая. Тр. Прикл. Бот., т. XVIII, вып. 3.

P. S. ERYGIN

Zur Frage über das Anwelken von Teeblättern

Zusammenfassung

1. Nach dem Anwelken verlieren Teeblätter die Fähigkeit ihren Wasserhaushalt vollständig wiederherzustellen. Bei einer Temperatur von 20° C und 45% relativer Luftfeuchtigkeit verlieren Teeblätter im Laufe von 20 Stunden über die Hälfte ihres Wassergehalts (53,3%).

2. Die Trockensubstanz nimmt beim Anwelken nur unbedeutend ab.

3. Die aktuelle Azidität sinkt zum Schluss des Anwelkens von $pH = 5{,}25$ bis auf $pH = 5{,}49$.

4. Die Hygroskopizität der Trockensubstanz fällt beim Anwelken von 27,5% bis auf 24,9%. Der Parallelismus zwischen Abnahme der Hygroskopizität und dem Fortschreiten des Anwelkens gestattet erstere als Anzeichen zu betrachten, nach dem sich der Abschluss des Anwelkens bestimmen lässt.

5. Zum Schluss des Anwelkens nimmt die Atmung unabhängig von den Verhältnissen, in denen sich die Blätter befinden, ab. Die grösste Atmungsintensität wird bei einer Temperatur von 30° C. und relativer Feuchtigkeit von 76% beobachtet.

6. N-haltige, nach Barnstein gefällte Stoffe nehmen unbedeutend ab. In dem löslichen Teil werden bei Aminostickstoff ansehnliche und bei Aminosäuren sehr unbedeutende nach Van-Slyke bestimmte Veränderungen wahrgenommen.

ТОМ 22 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР 1937 № 3
TOME 22 JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS 1937 № 3

Т. В. ЩЕПКИНА

Влияние различных удобрений и влажности воздуха на структуру волокон льна и влияние структуры волокон на качество льна[1]

С 11 рисунками

(Получено 22 XII 1936)

Одной из главных причин постановки опыта на указанную тему были наблюдения, выявившие значительные изменения количества, формы или структуры, а также и качества прядильных волокон и составляемых ими волокнистых пучков у льна под влиянием внешних факторов. Последние вызывают изменения бо́льшие чем те, которые наблюдаются в пределах разных сортов, в противоположность господствующему мнению о большей устойчивости этих элементов по сравнению с элементами древесины [Мельников (14); Яковлев (26) и др.].

Из работ, подтверждающих сделанные автором наблюдения,[2] нужно отметить работу Россе (Rosse, 42), проведенную в 1929 г. со льном коноплей и рами, а также работы Фабиан (Fabian) — 1928 г.

Исследования автора над волокнистыми растениями начаты им в 1927 г. и, с небольшими отступлениями, не прекращались до последнего времени. Они велись главным образом по сравнительному изучению различных волокон от лучшего культурного хлопка до грубых злаков пустынь, имея целью при помощи существующих и новых микрометодов распознавать качество растительных волокон и знать наперед, что можно ожидать от волокон данного растения: тонких ли прочных тканей или грубого оберточного материала. Важно было также предусмотреть и приемы первичной обработки данных растений с целью выделения волокнистых пучков, так как зная строение волокнистых пучков и окружающую их ткань с ее содержимым легче выбрать способ обработки исследуемых растений[3]. Специально по льну было исследовано двенадцать сортов льна-долгунца, взятых из Всесоюзного института растениеводства (ВИР), а затем Минским институтом промышленности автору было поручено исследование с применением микрохимических методов девяти образцов льна, выросших при внесении различных удобрений и доз. Присланные образцы как по внешнему виду, так и по микроскопическим признакам были весьма различными и заслуживают того, чтобы сказать о них несколько слов, хотя высеваемый на месте семенной материал не являлся чистой линией, и постановка опыта с ним на месте не отличалась тщательностью.

---

[1] Работа проведена на средства Ленинградского научно-исследовательского текстильного института, в лаборатории акад. В. Л. Комарова.

[2] Работы полеводов, доказывающие влияние удобрений на качество волокна, без микроскопических исследований были недостаточны в определении получающихся изменений.

[3] Данные, полученные в результате проведенных исследований, явятся особым сообщением ввиду большого материала, имеющего общее значение.

Растения, выросшие при избытке азота, имели прямые светлозеленые, длинные, ровные стебли. Микроскопическая картина их характеризовалась ровно расположенными вытянутыми в тангентальном направлении, особенно белыми и как бы блестящими выпуклыми, легко растворяющимися в реактиве Швейцера волокнистыми пучками, окруженными со всех сторон рыхлой тканью, и без признаков одревеснения. Выделенные волокна[1] этого образца льна отличались белизной и шелковистой мягкостью.

Особенно интересен был образец льна, выросший при усиленной дозе извести с фосфором: он, отклоняясь от контроля, был диаметрально противоположен описанному выше. Стебли были грубы, темно окрашены, изогнуты, более короткие и более толстые. Микроскопическая картина гармонировала с внешним видом: строение волокон и составляемые ими пучки были разнообразны, а по размеру, форме, расположению, степени одревеснения доходили иногда до уродливости, далекой от типичного строения пучков льна. Степень одревеснения была так сильна, что не только встречались одревесневшие целые пучки, но и окружающая их паренхима. Типична для этого образца и, как выяснилось при точном опыте, для извести — асимметрия или однобокость расположения волокон по окружности: с одной стороны пучки были крупные и частые, с другой — редкие и маленькие в 1—2 волоконца, и все они вплотную примыкали к древесине, что сказалось при их выделении. Увеличение размера волокон и их канала у стеблей данного образца достигало размеров волокон рами; это явление, может быть, придется отнести и за счет фосфора. Выделялись волокна при кипячении в NaOH, в противоположность предыдущему образцу, с трудом, были грубы и с рыжеватым оттенком и ломки. Избыток же извести вызвал у льна как бы своего рода „склероз“, вследствие чего при технических операциях у этих образцов льна много получалось короткого волокна, или как говорят практики „угара“.

Образцы, помеченные Минским институтом промышленности „по полному минеральному удобрению“, имели грубые темные стебли. Микроскопическая картина характеризовалась мощной плотной древесиной и очень небольшим количеством пучков с малым количеством волоконец, значительно одревесневших и выделявшихся с трудом (рис. 1).

Другие образцы хотя и были отличны от контроля, но ввиду неясности условий их развития о них говорить не приходится.

Естественно, что полученные наблюдения вызвали постановку опыта для выяснения значения различных удобрений в более точных условиях, что и было осуществлено лишь в 1932 г., причем цель этого опыта сводилась к следующему: 1) проследить в условиях точного опыта, насколько может варьировать строение волокнистых пучков и элементарных волоконец у чистых линий льна под влиянием вносимых удобрений и влажности воздуха; 2) возможно ли выращивать лен с заранее намеченной структурой его волокнистых пучков и составляющих их волоконец, обладающей определенными требующимися для известной цели качествами; 3) выяснить, какие элементы питательных солей и (хотя приблизительно) в каких соотношениях производят то или иное изменение, а также точно установить и влияние влажности воздуха на структуру и свойства волокнистых пучков и волоконец. (В литературе преобладает убеждение, что чистые линии более менее стационарны по отношению к волокну, древесина же стебля более изменчива); 4) изучить полученный материал под микроскопом со стороны анатомического строения его тканей и химического состава как самих волокнистых элементов, так и окружающих их клеток при помощи микрохимических методов; 5) определить морфологические признаки стеблей, характеризующие содержащееся в них волокно; 6) довести полученный материал до волокна обычными техническими методами, применяемыми на практике для больших партий; 7) вычислить процентное отношение волокна к соломе и тресте как принято на практике; 8) дать оценку полученным образцам, как при помощи имеющихся приборов (СКУЧ'а) и другими аналогичными приемами, а также установить № волокна индивидуальной оценкой бракера; 9) сопоставить все полученные результаты между собой, а также и с приемами культуры опытных образцов, чтобы иметь возможность установить уже точнее, какой фактор вызывает какие изменения, и какими качествами и свойствами эти изменения или признаки характеризуются, чтобы знать, за чей счет отнести каждый из них, и впредь иметь возможность по своему желанию ими пользоваться; 10) детальнее, точнее установить форму самих волоконец, являющихся более совершенными в смысле крепости и эластичности, зависящих от диаметра волокна, его формы и величины внутренней полости, слоистости и т. д., так как по мнению

---

[1] Для этого бралось средних 20 стеблей каждого сорта; вырезались кусочки по 10 см на высоте $^1/_3$ стебля и выше (на основании данных Ренарда), кипятились в течение часа в 1% NaOH, после чего снималась кора и отмывалась. После этого кусочки кипятились еще полчаса в воде, и потом волокна отмывались дочиста, высушивались, взвешивались.

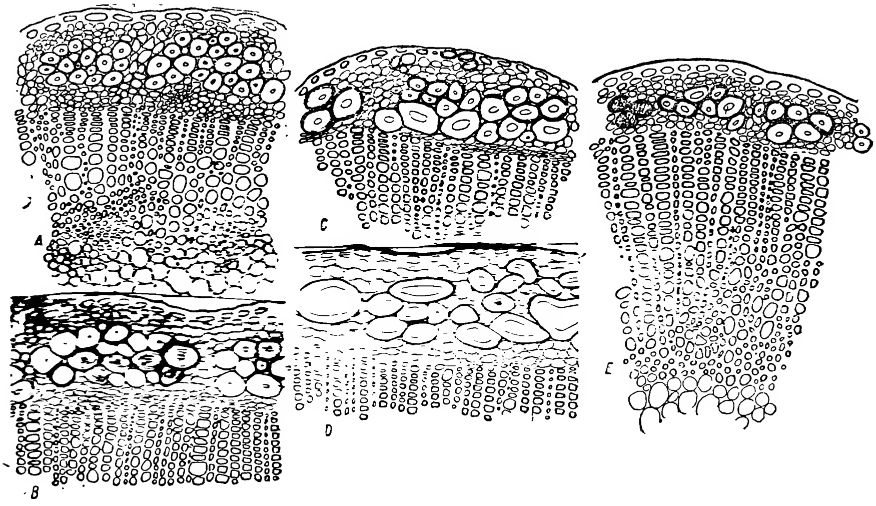


Рис. 1. Образцы льна, полученные из Минска. *A* — контроль без удобрения; *B* — с избытком азота; *C* — с избытком извести и фосфора (типичная картина); *D* — то же, что и *C*, но как встречающаяся крайность; *E* — при полном минеральном удобрении.

автора суждения об этих признаках в литературе не вполне соответствуют законам механики и действительности. В конечном итоге получить возможность, на основании лишь одной микроскопической картины, судить о качестве поступающего в работу для текстильной промышленности материала, так как этот путь испытательного контроля нужно считать более быстрым, и, как увидим ниже, не менее точным, чем обычно применяемые методы предварительной технической обработки образцов. В этом последнем и заключается одна из главных конечных целей опыта, так как, несмотря на богатый литературный материал по микроскопии волокна, воспользоваться им на практике почти нельзя по причине отсутствия точных данных исходного материала, вследствие чего трудно бывает решить, что чему соответствует и чем вызывается.[1]

При постановке опыта были приняты во внимание имеющиеся в литературе указания о культуре льна, с целью создать для него оптимальные условия выращивания в отношении почвы, вносимых солей, влажности и отчасти реакции среды и т. д. Семена были приобретены в ВИР'е как чистая линия сорта „Альтгаузена“ (долгунец), растения, приноровленного к местным климатическим условиям.

Внесение отдельных питательных солей применялось методом, который отличается от большинства других подобных методов: каждый изучаемый питательный элемент вносится в увеличенной сверх нормы дозе на фоне полного или, как в данном случае, половинного минерального удобрения (последнее решается в зависимости от наличия богатства употребляемой в опыте почвы).

По мнению автора, при одностороннем внесении одного из элементов другие могут оказаться в минимуме и, таким образом, будет два действующих фактора (аналогичные мнения см. у Дешевого).

Таким образом каждый из испытываемых элементов: азот, фосфор, калий и кальций вносились в увеличенной дозе[2] против всех остальных вносимых удобрений, лишь с расчетом не перейти наивысших границ, не вызвать уродливости растений. Магний же испытывался в минимальной дозе, из тех соображений, что данный элемент входит в состав пектиновых веществ, которые в свою очередь, являясь составной частью льняного волокна, понижают, как предполагают, его качество (мнение на счет этого автора несколько иное).

В связи со свойствами употребляемой для опыта почвы удобрение как общий фон вносилось в сосуды в половинной от обычной дозе и из расчета 45 кг на гектар—на делянки за месяц до посева, кроме селитры, которая вносилась за 2 дня перед посевом. При размещении семян как и при подготовке грядок были старательно соблюдены все условия однородности.

Весь опыт поставлен по следующей схеме (табл. 1).

Для удобства ориентировки в полученных результатах разберем их по пунктам. Кстати можно указать, что при оценке тех или иных качеств полученных образцов было приложено все старание к устранению субъективности: микроскопические исследования производились до технической обработки и независимо от нее; рисунки изготовлялись на основании преобладающей картины из 10-ти много

---

[1] Работы последних лет уже менее страдают этим недостатком.

[2] Справки взяты из общей агрономии.

ТАБЛИЦА 1

Испытываемые методы / Испытываемые элементы	Контроль		Минеральное удобрение в $^1/_2$ дозе					
	Без удобрения	Полное минеральное удобрение в $^1/_2$ дозе	+N	+P	+K	N+P	+Ca	+Mg
Сосуды Митчерлиха под открытым небом	—	A	B	C	D	E	H	F
Сосуды Вагнера в оранжерее при максимальной влажности воздуха		A	B	C	D	E	—	F
Делянки в 1 м^2 на солнечной и защищенной от ветра площадке	A	A	B	C	D	E	H	F

раз просмотренных стеблей. (При наличии однородности материала этого количества оказалось достаточно); срезы брались у всех групп на одной высоте — 10—13 см от семядолей, что является более удобным и принятым в последнее время. Как увидим из результатов, выбранный участок для сравнения оказался вполне удовлетворительным, так как полученные данные совпали с показаниями технической оценки и с оценкой бракера.

Препровождая свой материал в Институт Прядильных Культур кафедре Технологии Волокна для мочки и исследования свойств волокна, намеренно не сообщалось, при каких условиях образцы выращивались, опять-таки для устранения каких-либо предвзятых тенденций в суждении.

ТАБЛИЦА 2

Средние цифры для серии сосудов $\frac{\text{длина стеблей в см}}{\text{свежий вес в г}}$

Удобрение / Сосуды	Контроль	N	P	K	N+P	Mg	Ca	Примечание
Митчерлиха .	$\frac{90\text{ см}}{66{,}6\text{ г}}$	$\frac{92\text{ см}}{65{,}3\text{ г}}$	$\frac{87\text{ см}}{61{,}6\text{ г}}$	$\frac{91\text{ см}}{59{,}3\text{ г}}$	$\frac{88\text{ см}}{71{,}6\text{ г}}$	$\frac{86\text{ см}}{68{,}5\text{ г}}$	$\frac{85\text{ см}}{66{,}6\text{ г}}$	Число стеблей одинаково
Вагнера . . .	119 см[1]	124 см	132 см	128 см	—	123 см	—	

Полученные результаты сводятся к следующему.

По внешнему виду в течение только первого месяца делянка без удобрения выделялась более быстрым и ровным ростом растений;

---

[1] Вследствие чрезвычайной гибкости и значительной длины не было возможности точно учесть вес растений в сосудах Вагнера при уборке.

между растениями же остальных делянок больших различий не было, и по длине стеблей вместе с соцветием в среднем были колебания лишь в пределах 3—5 см (табл. 2). То же можно сказать и о растениях в сосудах Митчерлиха. У растений, выросших в сосудах Вагнера и стоявших во влажной оранжерее, наблюдалась значительная разница в росте; длина стеблей в среднем у них была 125 см, причем приходилось их тщательно подвязывать, чтоб удержать от полегания. Растения же в сосудах Митчерлиха были устойчивы как на делянках и имели в среднем 88 см в длину. Это различие условий культуры сказалось и на качестве волокна, как увидим ниже.

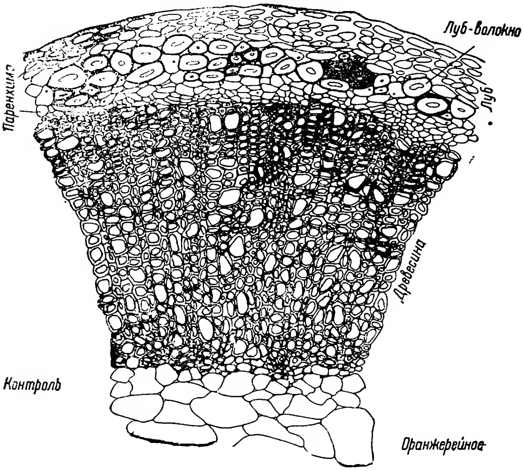


Рис. 2. Опыт в оранжерее — контрольная серия.

Различная влажность воздуха при прочих[1] равных условиях сильно сказывается в понижении количества и качества волокна. То же было установлено и при исследовании поперечных срезов этих стеблей под микроскопом. У них под влиянием большой влажности, а может быть и ослабления света (стеклянная крыша) увеличена и степень одревеснения волоконец, поддерживающих рыхлые ткани[2]. К тому же большая рыхлость пучков не обещала получения из этих стеблей высокого процента длинного волокна. Их строение обещало легкое получение из них котонина.[3] Большого различия в анатомии стебля между группами с различным удобрением не обнаружено, но некоторая разница выявилась как и при определении качеств льняного волокна при технической оценке (рис. 2, 3, 4 и 11; табл. 4).

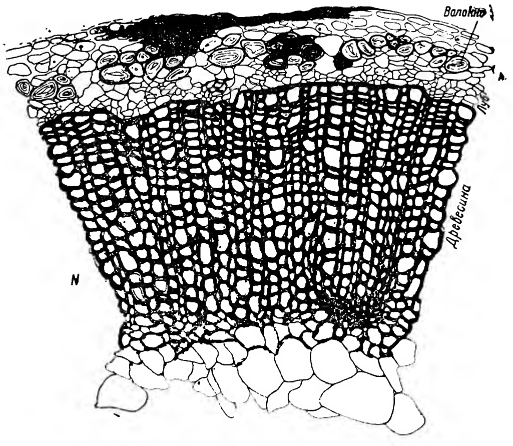


Рис. 3. Опыт в оранжерее. Серия с избытком азота.

Технические показатели полностью подтвердили предположения, высказанные на основании микроскопической картины, так как рыхлость пучков у этих образцов сказалась на увеличении процента короткого волокна (см. рис. 11 и табл. 4). Однако обсуждаемые условия культуры, давшие резкие уклонения в развитии выращиваемого льна, не могли совершенно устранить влияния вносимых питательных элементов, давая тем самым различия внутри этих групп в отношении вносимых солей. Так, как увидим ниже, характерное влияние азота в сторону тангентального удлинения формы волоконец и целых пучков (их лентовидная форма), как и повышение крепости волоконец и улучшение качества в присутствии фосфора и калия несколько выявилось и в этой серии опыта.

---

[1] Здесь необходимо указать, что высокая (100%) или близкая к этому) влажность оранжерей сильно затянула период вегетации, и растения не достигли полной спелости (побурение головок) до наступления холодов, иными словами к моменту их уборки они были в периоде цветения и бутонизации, что конечно сказалось на качестве их волокна, вследствие чего суждения о них могут быть лишь приблизительно ценны при сравнивании материала.

[2] В литературе такие явления отмечены.

[3] Котонин есть продукт расщепления волокнистых пучков на элементарные волоконца.

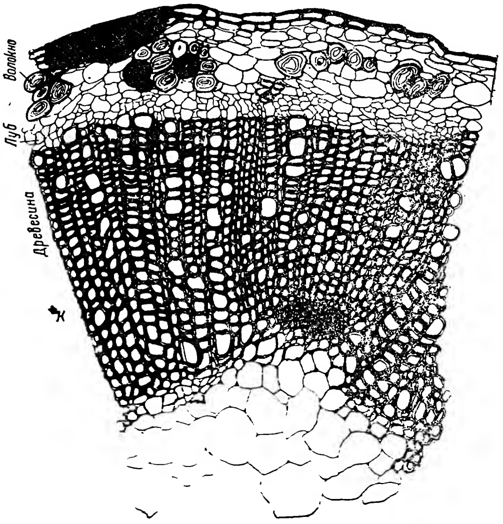


Рис. 4. Опыт в оранжерее. Серия с избытком калия.

Внесение избытка питательных элементов, как показал опыт, в сосудах и на грядках способно сильно изменять строение всех тканей льна, в том числе и волокон. Мы остановимся почти исключительно на волокнах и волокнистых пучках, как на более интересующих нас элементах.

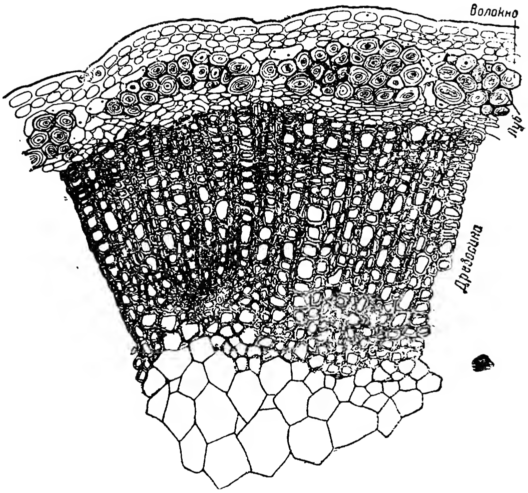


Рис. 5. Опыт в сосудах Митчерлиха. Серия с избытком азота.

Влияние избыточного количества азота отразилось определенным образом на строении тканей вообще, сообщая им особую рыхлость и нежность. Древесина у льна этой группы и окружающая пучки паренхима значительно нежнее, чем у групп, выросших при увеличении других испытываемых элементов, особенно при избытке Ca и P. Что касается волокон, то одревеснения их в этой группе почти не встречается. Форма волокон овальная, без просветов (с очень маленьким каналом). Вытянуты они в тангентальном направлении (по окружности) как и целые пучки (рис. 5). Указанные признаки являются типичными для микроскопической картины данной группы и позволяют узнавать лен, выросший при избытке азота. Все эти признаки микроскопической картины позволяют ожидать получения из таких стеблей чистого (вследствие легкого отделения рыхлой окружающей ткани от волокон) нежного (за отсутствием одревеснения) волокна. Но при этих положительных качествах при технической оценке мы не получили у льна данной серии опыта высокого номера волокна[1] с большой крепостью; таким образом эта группа оказалась по испытанным признакам ниже контрольной. Возможно, на степень крепости оказывает влияние лентовидная, а не круглая форма пучков. Необходимо указать, что на основании существующего в литературе мнения, основанного на строении волокон, в данном случае толстостенных без просветов, можно было ожидать большую крепость их, чего на самом деле не оказалось, на что особенно и обращает внимание автор.

Следовательно влияние избытка азота при культуре льна на волокно не является всесторонне положительным фактором.

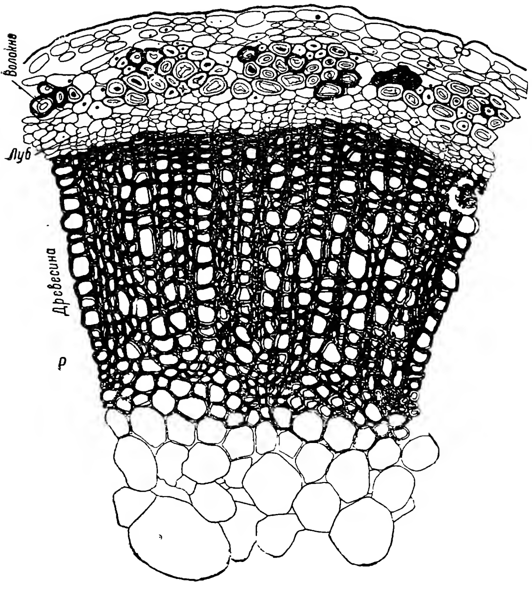


Рис. 6. Опыт в сосудах Митчерлиха. Серия с избытком фосфора.

Влияние фосфора при культуре льна проявлялось довольно резко и всегда шло в определенном направлении, как видно из анатомической и микрохимической картины. Оно сказалось в увеличении диаметра волокон и их внутреннего канала, а также в характерной зубчатости стенок последнего. Последнее обстоятельство, вероятно, является результатом, как показывают реакции, большего количества во внутренних слоях волокон пектиновых веществ, которые, как типичные коллоиды, при усыхании сжимаются, образуя извилины.[2] Этот признак всвою очередь надо считать положительным, если верить существующему мнению практиков, что волокна с зазубренной полостью лучше других поддаются крашению.

По отношению структуры волокна льна этой серии опыта необходимо еще отметить концентрическую слоистость волокон, которая является также своеобразной; она состоит лишь из одного темного круга, разделяющего стенки волокна на две части — внешнюю и внутреннюю. Из сопоставления по ценности различных форм волокон оказывается, что слоистость является желательным качеством (рис. 6).

Следующим характерным признаком микроскопической картины льна с избытком фосфора является повышенная степень одревеснения волокон по сравнению с другими группами растений,[3] особенно с выросшими при избытке азота. Одревесневают не только внешние стенки волокон, но иногда и вся их толща, что было замечено на растениях других опытов. Но нужно отметить, что во всех группах данного опыта не замечается резкого различия в смысле одревеснения по сравнению с той, что наблюдалась автором раньше при прежних исследованиях по отношению к различным солям или отдельным элементам. Может быть это явление зависит от сорта льна или от взятой в опыт дозы удобрения, — но факт тот, что этим качеством пока приходится пренебречь, как свойственным всем группам почти в равной мере (за исключением азота). То же можно сказать о присутствии дубильных и пектиновых веществ. Вещества же порядка смол и масел резче выявляются у этой группы, особенно в середине каналов, что должно считать одним из положительных признаков льна, сообщающих волокну эластичность. В этом отношении выделяются группы с фосфором и калием в противовес группе с азотом, где меньше этих веществ и ниже его номер.

---

[1] Номер волокна является оценкой бракером льна на основании совокупности признаков.

[2] Что касается пектиновых веществ в растительных волокнах и их влияния на качество последних, то нужно заметить, что в широких кругах практиков о них имеются смутные и весьма далекие от истины представления.

[3] Обычно вносимые в качестве удобрения фосфорные соли содержат в то же время и известь, и может быть данный признак придется отнести за счет последней.

Присутствие маслянистых, смолистых веществ и воска является желательным признаком для льна, значение которого для прядильного волокна хорошо известно практикам-„бракерам“, скупающим партии трепаного льна. Бракеры при внешней оценке его прежде всего сжимают лен-волокно в кулаке и смотрят степень склеивания волокон между собой: чем эта степень выше, тем ценнее считается качество льна. Ценность этого качества видна и из того, с какой тщательностью исследованы воска, например *Гоннлиманом* (Honnlyman).

Присутствие указанных выше веществ придает волокнам блеск и делает их поверхность гладкой, что очень важно при чесании, прядении, ткачестве и других манипуляциях. Присутствием этих веществ несомненно и обусловливается прочность суровых изделий, так как смолисто-восковой слой нитки предохраняет ее от внешних воздействий. При отбелке же тканей этот слой удаляется, вследствие чего и прочность тканей беленых всегда ниже суровых (конечно при условии однородности материала).

Установление зависимости наличия капелек маслянистого вида в полости волокон при удобрении фосфором, как и других положительных качеств волокна, является интересным моментом, тем более что указания на фосфор как на положительный фактор для льна редки и часто мало обоснованы за исключением данных *Прянишникова*, *Дешевого*, *Кабанова*, *Крюкова* и *Пейве*.

Сопоставляя все описанные признаки микроскопической картины данной группы с цифровыми показаниями технических данных, мы должны притти к заключению, что *описанная форма волокна*, т. е. *имеющая значительную внутреннюю полость с присутствием маслянистых капелек в ней, является и наилучшей*, что автором и подчеркивается, как доказательство проверяемого в опыте ранее высказанного предположения. Данное предположение о форме волокна базировалось на законах механики, которые доказывают, что полые трубки при изгибах будут более прочны и не менее крепки чем палочки. Испытывая волокно на крепость, необходимо помнить, что оно в работе должно будет изгибаться (скручивание нитки), и эластичность для него не менее важна, чем крепость. Интересно и то, что *и крепость волокон этой группы льна выше, чем у других групп*, причем последняя обусловливается, видимо, присутствием в них фосфора. Фосфор в животном организме принимает видное участие в построении скелета, и, возможно, в данном растении его роль аналогична. [1] Специально эластичность волокна в табл. 4 (стр. 262—263) не указывается за отсутствием подходящего метода, но совокупность всех его положительных признаков характеризуется определенным номером, устанавливаемым бракером. Показания бракера стоят ближе к суждениям, основанным на микроскопической картине, вероятно, потому, что в этих показаниях проявляется точность опытного глаза, который пока еще является более совершенным инструментом, чем совокупные показания машинных испытаний волокна.

---

[1] Жаль, что этим исследованиям не достает данных химического анализа, помогающих делать заключение с большей точностью и уверенностью.

Выросший при избытке калия образец льна также относится по своим качествам к лучшим группам; по микроскопической же картине он непохож на предыдущий. Только присутствие большего количества масляничного вида капелек установлено здесь так же, как и при избытке фосфора. Форма же волоконец у него своеобразная: они почти без просветов, округлые, как и состоящие из них пучки (рис. 7). Казалось бы странным, что различной формы волокна при технической оценке дают сходные показания. Но известно, что не один признак характеризует качество волокна, а их совокупность. С другой стороны, в архитектуре этого типа волоконец есть положительный признак, компенсирующий отсутствие в нем полости. Он заключается в мелкой концентрической слоистости, зависящей от различного состава вещества или же степени его оводнения, как утверждают многие. От этого стенки волоконца не являются однородными, а представляют собой систему трубочек, вложенных одна в другую, что в смысле эластичности при изгибе является положительным качеством. Крепость же волокон, как обусловливаемая толстыми стенками, должна быть выше, чем у предыдущей группы опыта, на самом же деле оказывается ниже чем у группы с избытком фосфора. Строение пучков по размеру и по числу волоконец в них (без тщательных подсчетов) обещало увеличение волокна по сравнению с контролем, что и подтвердилось данными механического анализа. Таким образом и здесь предположения, сделанные на основании микроскопической картины, вполне подтвердились цифровыми данными технических испытаний.

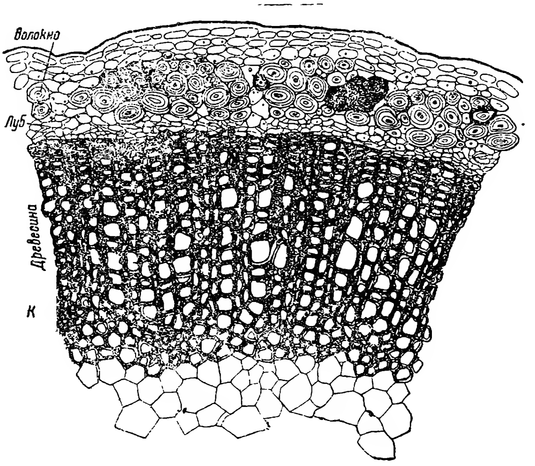


Рис. 7. Опыт в сосудах Митчерлиха. Серия с избытком калия.

Влияние извести, по литературным данным, считается отрицательным фактором, ухудшающим качество волокна. Произведенные нами исследования показали, что причина этого заключается в том, что известь своим присутствием способствует сильному одревеснению волокон, сообщая им жесткость, хрупкость и ломкость. Вследствие указанных причин при обработке волокна легко могут получаться поперечные трещины, понижающие их прочность в нитке, т. е. при крутке их. Напрашивается мысль, не играет ли известь у льняных волокон ту же роль, какую она играет у животных организмов при склерозе кровеносных сосудов, понижая их эластичность, увеличивая хрупкость. Но главное и очень интересное действие, вызываемое известью, — это уродливость волокон и их пучков. Рядом с мелкими, почти лишенными просвета волокнами, мы находим очень крупные, превосходящие своим диаметром волокна других опытных групп, с громадными просветами, напоминающими кольца, как у волокон рами. В стеблях этих групп, как правило, замечается несимметричность, т. е. одна сторона стебля по строению и количеству пучков, как и составляющих их волоконец, совершенно не похожа на другую (рис. 8). Ждать хорошего, ровного волокна от таких стеблей не приходится, что полностью и подтверждается цифровыми данными его оценки по технической таблице. Данные этого опыта подтвердили и заключения, сделанные автором на основании предшествующих наблюдений.

Влияние магния не отразилось резко на качестве волокна, вероятно, по причине небольшой вносимой дозы.[1] Однако, если внимательно рассмотреть все исследуемые для данного случая признаки, то можно заметить в них снижение качества, но не повышение его при наличии изучаемого элемента. Следовательно магний в данном случае и при данной дозе в практическом отношении не представлял интереса (рис. 9). В опытах Россе (стр. 16—18) заметно уменьшились под влиянием магния в своих размерах волокна и волокнистые пучки рами.

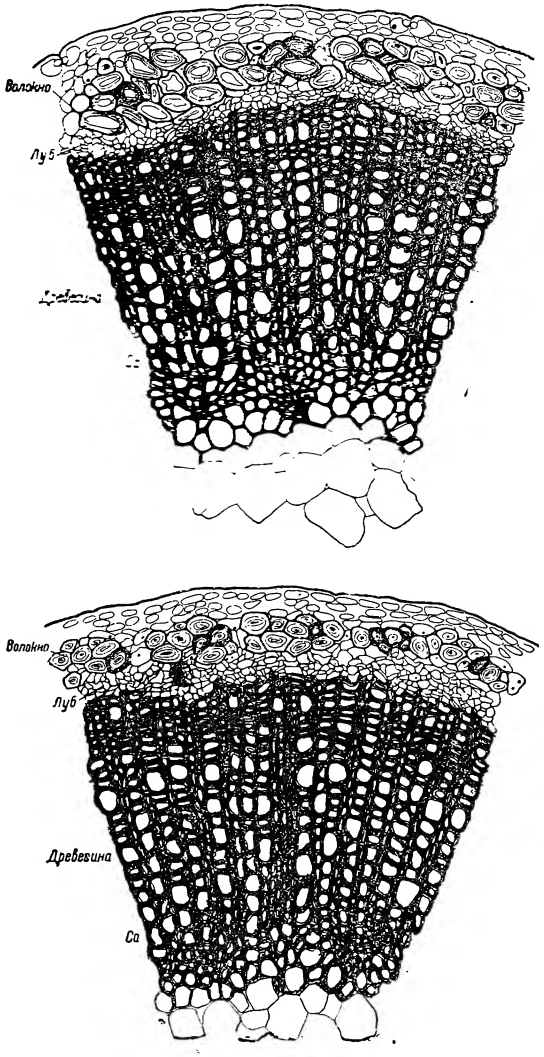


Рис. 8. Опыт в сосудах Митчерлиха. Серия с избытком кальция. Секторы с противоположных сторон окружности стебля.

Наилучшими из испытываемых элементов в отношении их влияния на положительные качества волокна на основании вышеизложенного нужно считать фосфор и калий.

Образцы льна, являющиеся контрольными, выращивались для каждой серии отдельно (сосуды в оранжерее, на воздухе и грядки). В отношении вносимых солей они все были равны, т. е. получали полное минеральное удобрение в половинной от нормальной дозе. На грядках, кроме того, еще была контрольная делянка без внесения солей.

---

[1] См. работу Чижевской.

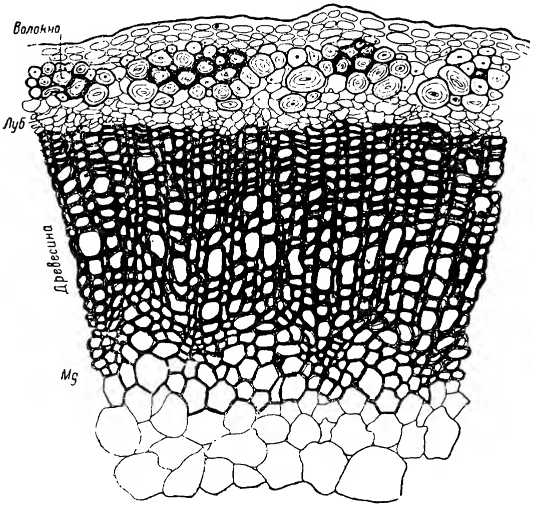


Рис. 9. Опыты в сосудах Митчерлиха. Серия с присутствием магния.

Своеобразная однородность волокон и пучков, вызываемая преобладающей питательной солью, вносимой в усиленной против других солей дозе, у контрольных растений отсутствовала, и оттого волокна были разнообразной формы (рис. 10).

Последнее обстоятельство является очень интересным и лишний раз подчеркивающим зависимость строения волокон и волокнистых пучков от вносимых под культуру льна питательных элементов, изменяющих форму волокон в ту или другую сторону. Число же волокон у каждой контрольной серии несколько варьировало, увеличиваясь у растений, выросших в условиях, близких к полевым, т. е. их оказалось больше у растений с грядок, а из последних у выросших без удобрения[1] (табл. 3). Следовательно, внешние условия (влажность воздуха, сосуды или делянки) больше отзываются на количестве вырабатываемого растением волокна, чём на его структуре.

ТАБЛИЦА 3

Подсчет волокнистых пучков и волоконец в них у контрольных групп

Номер растений	Сосуды из оранжереи				Сосуды Митчерлиха				Делянки без удобрения				Делянки удобренные			
	Количество волокон в пучке	В среднем	Количество пучков	В среднем	Количество волоконец	В среднем	Количество пучков	В среднем	Количество волоконец	В среднем	Количество пучков	В среднем	Количество волоконец	В среднем	Количество пучков	В среднем
1	279	288	24	24	382	396	25	26	483	449	26	27	420	439	26	26
2	259		24		380		26		391		27		509		28	
3	291		24		371		23		419		27		411		26	
4	311		24		419		27		450		27		434		26	
5	301		24		429		29		502		26		423		26	

Подводя итог всему сказанному, можно резюмировать полученные данные следующими положениями:

1) Опыт, поставленный со льном-долгунцом чистой линии сорта „Альтгаузен", был проведен при разностороннем исследовании полученного материала, до оценки волокна включительно. Сравнивая и сопоставляя характерные признаки для действия каждого учитывае-

---

[1] Избыток удобрений под лен не рекомендуется по уже установившемуся мнению исследователей культуры льна; нами в почву, употребляемую для опыта, питательные соли вносились больше для того, чтобы уравновесить их влияние и сильнее выявить потом характерное действие какой-либо одной.

мого фактора, удалось выяснить вполне определенные закономерности, выявившиеся при различных способах культуры этих растений.

2) Несмотря на то, что семена льна являются чистой линией, выросшие образцы его при различных условиях культуры значительно отличались между собой как по морфологическим признакам стеблей (цвет, длина), по микроскопической картине (строение волокон и пучков), микрохимическим реакциям (рисунки 2—11), так и в отношении оценки Лабораторией технологии льна. На основании указанных результатов мы имеем право сказать, что чистые линии льна не являются стационарными по строению и качеству волокна, но способны в тече-

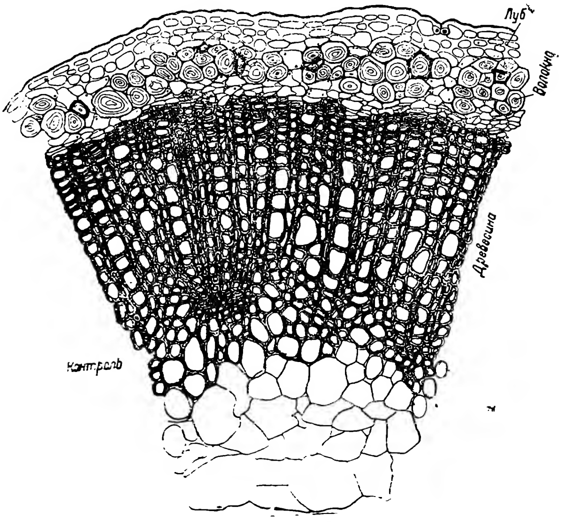


Рис. 10. Опыт с сосудах Митчерлиха. Контрольная серия.

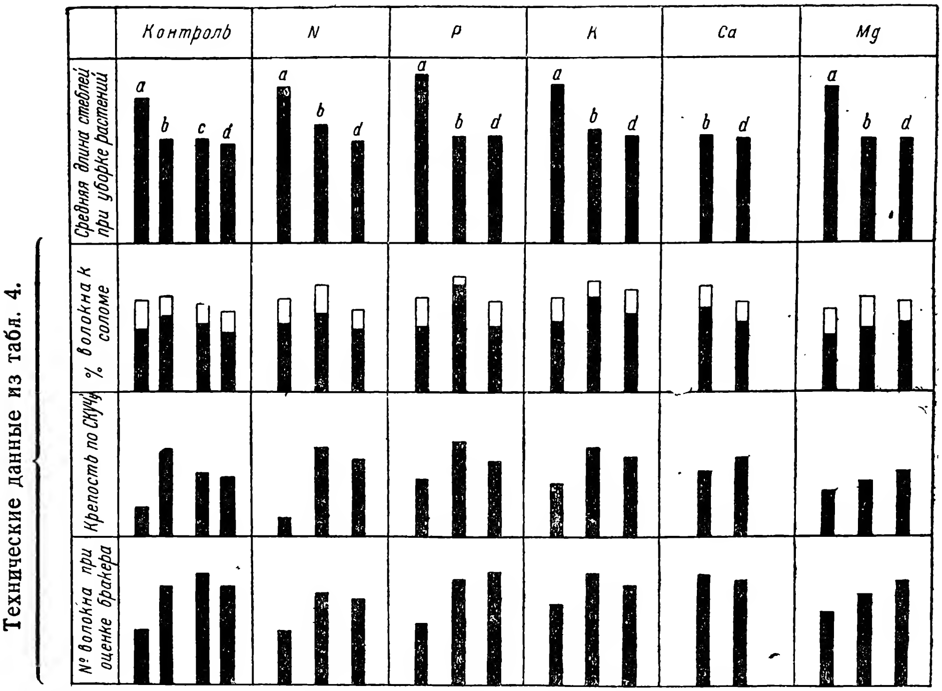


Рис. 11. Диаграммы вертикального ряда указывают, какой элемент удобрения вносится в избытке. Каждый столбик горизонтального ряда в графе слева направо показывает условия опыта: *a* — оранжерейные растения; *b* — растения, выросшие в сосудах Митчерлиха; *c* — растения неудобренных грядок; *d* — удобренных грядок. Во втором горизонтальном ряду каждый столбик обозначает $^0/_0$ всего волокна по отношению к соломе, причем незачерненная часть его указывает количество короткого волокна, зачерненная часть — длинного.

ние одного года значительно изменяться под действием физико-химических факторов (влажность воздуха, вносимые соли).

3) Высокая влажность воздуха удлиняет период вегетации и длину стеблей (на открытом воздухе убраны растения в стадии восковой зрелости 3/IX, в оранжерее в период цветения—2/X), снижает количество волокнистых веществ, увеличивает степень одревеснения волокон и рыхлость волокнистых пучков.

4) При испытании различных солей выяснилось, что кальций снижает качество волокна, вызывая сильное одревеснение, уродливость волокон и несимметричное расположение пучков по окружности стебля; магний хотя понизил все качества волокна, но резких изменений не выявил; азот придает эллиптическую форму волокну и пучкам в тангентальном направлении,[1] увеличивает рыхлость и нежность тканей вообще, как и изучаемого волокна, но снижает его номер; калий способствует формированию округлой формы волокнистых пучков и волокон, уменьшая просветы в последних, но увеличивая их слоистость; способствует накоплению маслянистого вида капелек. По всем испытанным признакам волокна присутствие этого элемента в почве дает положительные результаты в смысле качества волокна. Фосфор, находясь в повышенной дозе в почве, обусловливает своим присутствием типичную форму волокна с большими, часто зубчатыми каналами, с более крупным диаметром и однослойной темной прослойкой, с присутствием маслянистых веществ. Все испытанные признаки этой группы льна—длина стебля, количество волокна, его крепость и номер — говорят за положительное действие фосфора при его культуре.

5) Данные опыта дали возможность разобраться в строении волокон и решить, какая форма является наилучшей, исходя из общих законов механики и законов сопротивления материалов (конечно не вполне приложимых ввиду органического происхождения материала волокон и волокнистых пучков).

Если мы заранее будем знать, что известное свойство волокон является результатом влияния уже известного нам фактора, то мы сможем выращивать лен с определенными желательными нам качествами. Следовательно, работая дальше в этом направлении, мы можем уточнить детали и производить исследования, направленные к комбинированию желательных признаков волокнистых элементов.

6) Ввиду совпадения предположений, сделанных на основании изучения микроскопических признаков, с заключениями технических испытаний и бракера, можно данный микроскопический метод рекомендовать в качестве разведочного метода для испытания поступающих в работу для текстильной промышленности партий льна ввиду бо̀льшей степени быстроты этого метода перед другими.

7) Исследования показали, что считать решающим положительным признаком толщину стенок элементарных волокон без канала, как показателей крепости и признака исключительной важности, по отношению к волокну вообще не приходится, хотя такое мнение в литературе и принято.

К этому следует добавить давно установившийся факт, что наиболее крепкими волокнами являются волокна рами и конопли, как раз имеющие большие каналы; отсюда становится ясно, что при характеристике крепости волокна дело не в одной толщине стенки, а скорее в распределении различных материалов по радиусу, тем более это будет касаться таких тонких нитей, какими являются текстильные волокна.

---

[1] Когда говорится о форме волокон и пучков, то имеются в виду поперечные срезы стебля.

Вспомним общее положение, известное в физике для тонких проволок (см. физику Хвольсона, главу о деформации твердого тела): „...сила P_2 обозначает груз, при котором рвется проволока, площадь которой обозначается через S; тогда крепость $= \frac{P_2}{S}$. Для тонких проволок P_2 выражается формулой $P_2 = as + b\sigma$, где s — площадь, а σ — периметр измеряемой проволоки, a и b — две постоянные. Оказывается, что сила P_2 состоит из двух частей, из которых первая пропорциональна площади поперечного сечения, а вторая — пропорциональна периметру. Объясняется это тем, что поверхностный слой проволоки, особенно тянутой, обладает особым натяжением; он, вероятно, плотнее остальной массы и противопоставляет особое сопротивление разрыву. Чем тоньше проволока, тем большую роль играет второй член в приведенной формуле, ибо s уменьшается пропорционально квадрату, а σ — первой степени радиуса проволоки. Этим объясняется, почему весьма тонкие проволоки, или листочки, обладают „сравнительно весьма большим абсолютным сопротивлением“.

„В 1889 г. Бойс (Boys) изобрел способ приготовления кварцевых нитей, толщина которых доходит до 0,0003 мм. Они обладают замечательным абсолютным сопротивлением. Так нить, толщина которой 0,0018 мм, легко выдерживает груз в 2 г; что дало бы 820 кг на 1 мм^2, между тем как при $p = \frac{80 \text{ кг}}{\text{мм}^2}$ почти все сорта стали подвергаться разрыву“.

Что касается растительного волокна, то оно во многом отвечает указанным законам физики: оно является по размеру диаметра тончайшей единицей, и его внешний слой несомненно более прочный, чем последующие к центру,[1] так как внутренний молодой слой является пектиновым веществом, наружный — целлюлезой, а у конопли даже лигнином, чем, может быть, и объясняется особая крепость последнего. Если же при некоторых условиях внутренний слой волокна приобретает известную крепость, которая вообще мыслима во всех поверхностных слоях, вследствие силы поверхностного натяжения, то он будет являться вторым периметром, и по отношению к крепости. два окаймляющие слоя будут играть бо́льшую роль, чем внутренние точки стенок. Следовательно для определения крепости текстильных волокон на первое место нужно поставить микрохимические определения по установлению распределения материалов в нем, а не исключительно только структуру.

Но что самое важное и чего никак не следует забывать, это то, что все волокна назначаются для изготовления ниток и дальше тканей и, следовательно, они необходимо должны быть скручены друг с другом. Думается, каждому известно, что волокна с каналом, как имеющие подобие трубочки, при кручении сплющиваются, вследствие чего плотнее прилегают друг к другу и тем самым значительно выигрывают в крепости по сравнению с палочкообразными волокнами без полостей; и несомненно, даже при абсолютно меньшей крепости полые волокна в нитке окажутся крепче. В добавление к сказанному следует вспомнить, что волокна без каналов, как менее эластичные, при сильной крутке могут образовывать на поверхности трещинки, и тем самым, конечно, еще более будут понижать общую крепость нитки.

---

[1] Возможно, что постоянное его натяжение в длину во время роста является фактором, уплотняющим внешний слой, и что на этом и основано отличие северного льна-долгунца от южного низкорослого кудряша.

Что натяжение органических нитей увеличивает их крепость и кроме того блеск, доказывается фактом мерсеризации при хлопковых производствах.

ТАБ

Результаты технического анализа образцов

	Маркировка Т. В. Щепкиной	Лабораторный номер Л. И. П. К.	Морфологические признаки льносоломы		
			Длина стеблей	Толщина стеблей	Цвет стеблей
Контроль—группа А	Сосуды Митчерлиха	297	80,0	Толстые 2 мм и выше	Бурые с прозеленьк
	Сосуды из оранжерей	289	100	Средний до 2 мм	Бурые
	Делянки без удобрения	302	75,0	Толстые	Зеленовато-желтые
	Делянки с полным минеральным удобрением	303	80,0	Средние и толстые	Зеленые и бурые
С избытком N — группа B	Сосуды Митчерлиха	296	80,0	Толстые	Зеленые и бурые
	Сосуды из оранжерей	290	100	Средние	Зеленые и бурые
	Делянки	301	72,0	Средние	Темнозеленые и бурые
С избытком P— группа C	Сосуды Митчерлиха	291	85,0	Толстые	Желтые
	Сосуды из оранжерей	288	100	Средние	Бурые
	Делянки	300	80,0	Средние	Темно-зеленые
С избытком K— группа D	Сосуды Митчерлиха	292	85,0	Толстые	Желтые
	Сосуды из оранжерей	287	100	Толстые	Зеленые и бурые
	Делянки	298	80,0	Средние	Темно-зеленые
С избытком N и P — группа E	Сосуды Митчерлиха	295	82,0	Толстые	Зеленые и бурые
	Делянки	305	77,0	Средние	Зелено-бурые
При внесении Mg — группа F	Сосуды Митчерлиха	294	85,0	Толстые	Желто-зеленые
	Сосуды из оранжерей	286	95,0	Толстые	Темно-зеленые
	Делянки	304	83,0	Средние и тонкие	Зелено-бурые
С избытком Ca — группа H	Сосуды Митчерлиха	293	82,0	Толстые	Желтые
	Делянки	299	80,0	Средние	Зелено-бурые

ИЦА 4

льносоломы, полученных от Т. В. Щепкиной

Вес образца до мочки (в граммах)	Вес тресты после мочки (в граммах)	Получено волокна (в граммах)			Вес волокна в процентах к $\frac{\text{соломе}}{\text{тресте}}$			Номер волокна при оценке бракера		Показания по СКУЧу		
		длинного	короткого	всего волокнистого вещества	длинного	короткого	всего волокнистого вещества	длинного	короткого	упругость	крепость	число показаний
25,0	19,18	3,03	0,87	3,90	$\frac{12,12}{15,79}$	$\frac{3,48}{4,53}$	$\frac{15,60}{20,32}$	16	5	11,5	15,0	2
18,0	13,67	1,73	0,85	2,58	$\frac{9,61}{12,65}$	$\frac{4,72}{6,21}$	$\frac{14,33}{18,86}$	9	5	11,5	5,50	1
90,0	306,74	46,29	12,33	58,62	$\frac{11,86}{15,09}$	$\frac{3,16}{4,09}$	$\frac{15,02}{19,11}$	18	5	11,30	11,50	10
290,0	222,17	28,88	10,16	39,04	$\frac{9,96}{12,99}$	$\frac{3,50}{4,57}$	$\frac{13,46}{17,56}$	16	4	11,50	10,45	10
22,0	16,55	2,62	0,96	3,58	$\frac{11,90}{15,83}$	$\frac{4,36}{5,80}$	$\frac{16,26}{21,63}$	15	5	10,5	15,0	2
16,0	12,35	1,63	0,74	2,37	$\frac{10,19}{13,19}$	$\frac{4,62}{5,99}$	$\frac{14,81}{19,18}$	9	5	10,75	3,4	2
250,0	193,20	24,10	7,64	31,74	$\frac{9,64}{12,47}$	$\frac{3,05}{3,45}$	$\frac{12,69}{16,42}$	14	5	11,20	12,9	10
20,0	15,92	3,38	0,25	3,63	$\frac{16,90}{21,23}$	$\frac{1,25}{1,57}$	$\frac{18,15}{22,80}$	17	4	10,66	15,75	3
20,0	16,32	2,14	0,94	3,08	$\frac{10,70}{13,11}$	$\frac{4,70}{5,76}$	$\frac{15,40}{18,87}$	10	5	11,5	9,75	1
380,0	294,59	42,08	14,95	57,03	$\frac{11,07}{14,28}$	$\frac{3,93}{5,07}$	$\frac{15,00}{19,35}$	18	5	11,45	11,92	10
20,0	15,60	2,88	0,60	3,48	$\frac{14,40}{18,46}$	$\frac{3,00}{3,84}$	$\frac{17,40}{22,30}$	18	4	12,25	14,5	2
15,0	11,87	1,66	0,52	2,18	$\frac{11,06}{13,98}$	$\frac{3,47}{4,38}$	$\frac{14,53}{18,36}$	13	5	10,0	9,50	2
280	224,48	33,72	11,40	45,12	$\frac{12,04}{15,02}$	$\frac{4,07}{5,07}$	$\frac{16,11}{20,09}$	16	4	10,7	12,9	10
26,0	20,37	3,54	0,82	4,36	$\frac{13,61}{17,37}$	$\frac{3,15}{4,02}$	$\frac{16,76}{21,39}$	15	4	11,33	11,75	2
380	292,91	36,52	15,40	51,92	$\frac{9,61}{12,46}$	$\frac{4,05}{5,25}$	$\frac{13,66}{17,71}$	15	5	11,3	11,12	10
15,0	10,95	1,56	0,76	2,32	$\frac{10,40}{14,24}$	$\frac{5,06}{6,94}$	$\frac{15,46}{21,18}$	15	5	11,0	9,75	2
18,0	13,57	1,64	0,74	2,38	$\frac{9,11}{12,08}$	$\frac{4,11}{5,45}$	$\frac{13,22}{17,53}$	12	5	10,0	7,50	1
370,0	294,30	42,02	12,42	54,44	$\frac{11,36}{14,27}$	$\frac{3,35}{4,22}$	$\frac{14,71}{18,49}$	17	5	11,1	11,30	10
25,0	19,48	3,37	0,77	4,14	$\frac{13,48}{17,29}$	$\frac{3,08}{3,95}$	$\frac{16,56}{21,24}$	16	4	10,25	11,0	2
260,0	208,48	27,60	8,98	36,58	$\frac{10,61}{13,21}$	$\frac{3,45}{4,30}$	$\frac{14,06}{17,53}$	15	5	10,7	13,6	10

Текстильщики, работающие с хлопком, хорошо знают цену завитков хлопковых волокон, которые зависят исключительно от полости канала, хотя, к сожалению, не руководствуются этими знаниями всегда: признавая большую их крепость в нитке, забывают об этом при испытании числа оборотов при крутке, что необходимо помнить, так как при большем числе оборотов, т. е. при более сильной крутке ниток, на стенках волокон могут образоваться трещинки (у зрелого хлопка — волокна без полости), понижающие крепость нитки, что и наблюдается в действительности.

Заслуживающим внимания признаком полого волокна является его большая легкость, если на полость отчислить 10 и более процентов (Чиликин); это для льняной тяжелой ткани явится существенным положительным признаком.

Данные табл. 4 с техническими диагнозами всецело принадлежат заведующему кафедрой технологии Ленинградского института прядильных культур А. В. Данилочкину.

Экспериментальная сторона опыта проведена в лаборатории акад. В. Л. Комарова в Ботаническом институте Академии Наук СССР, за оказанное гостеприимство и постоянный интерес к работе автор выражает В. Л. Комарову свою глубокую благодарность.

В экспериментальной части этой работы существенная помощь была оказана моей сотрудницей И. А. Панковой, за что и выражаю ей свою признательность.[1]

Литература

1. Александров, Абесадзе, Насонов и Яковлев. Принципы строения стебля лубо-волокнистых текстильных растений и методы его изучения. Труды по прикл. бот., ген. и сел. Приложение 35, 1929. — 2. Александров и Яковлев. Опыт сравнительно анатомической характеристики различных типов льна. Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Серия III, № 4, 1935. — 3. Авирон С. Методы исследования элементарного волокна лубяных растений. Изв. текст. пром. № 12, 1931. — 4. Беренс Г. Руководство к микрохимическому анализу волокнистых веществ. Петербург, 1898. — 5. Вассерман И. Об удобрении прядильных растений (рефер. Tobler'a). За новое волокно, № 2, 1933. — 6. Герцог Р. О. Пенька и лубяные волокна (пер. Лаписова). Москва, 1931. — 7. Дешевой (ред.) Лен и конопля в крупном социалистическом хозяйстве. Сельхозгиз, 1932. — 8. Дьяков. К вопросу определения относительного содержания волокна во льне по его наружным морфологическим признакам. Журн. оп. агр. т. XXIV. — 9. Дьяков. К вопросу о влиянии внешних условий на число волокон в льняном стебле. Науч. агрон. журн. № 3, 1928. — 10. Жегалов С. И. Современные проблемы селекции льна. Вестник льняного дела. Москва. 1925. — 11. Коргопольцев Н. Е. О минеральном удобрении под лен. Лен и конопля, № 1, 1935. — 12. Кабанов, Крюков и Пейве. Руководство по применению удобрений под лен. 1933. — 13. Курдюмова О. П. и Писарев В. Е. К вопросу о применении анатомического метода при селекции льна на волокно. Труды по пр. бот., ген. и сел. Приложение 35, 1929. — 14. Мельников А. Н. Сравнительная анатомия стебля льна-долгунца в связи с процентом выхода волокна. Труды по прикл. бот., ген. и сел. Вып. 1, 1928/29. — 15. Носкова А. В. Влияние отдельных форм удобрении и марганца на анатомическую структуру и качество волокна. Химизация социал. землед. № 6, 1934. — 16. Пейве Я. В. и Янушковская К. П. Реакция чистолинейных сортов льна на минеральные удобрения и известкование. — 17. Прянишников Д. Н. Частное земледелие, 1931. — 18. Раздорский. Растение как сооружение. Труды Азербейджанского университ. Баку, 1924. — 19. Ренард К. Г. Качественные и количественные изменения волокна разных линий льна при разных условиях роста. Белорусская государственная академия сельского хозяйства, 1929. — 20. Руководство по технологии первичной обработки новых лубяных волокон. Работы Нов. Лубян. Инст. ВАСХНИЛ, 1933. — 21. Тоблер Ф., Бредеман Г., Рябов И., Опитц К., Шиллинг Е. Лен как прядильное и масличное растение, 1931. — 22. Чиликин М. М. Химическое исследование растительных волокон. Изв. текст. пром. и торг., № 12, 1930. — 23. Чиликин Н. М. Лен и льнопрядильное производство, 1926. — 24. Чижев-

---

[1] В настоящее время Институт прядильных культур соединен с Ленинградским сельско-хозяйственным институтом.

ская З. А. К физиологии изучения льна. Анатомическое строение стебля льна в зависимости от реакции среды и концентрации $MgSO_4$. Записки Сельскохозяйственного ин-та, т. 5, в. 6. — 25. Чиликин Н. М. Льняной стебель. Прил. к Трудам II съезда 1913. — 26. Яковлев. Метод графического определения выхода волокна в льняном стебле. Труды по прикл. бот. ген. и сел., сер. 3, 1932. — 27. Яковлев. М. С. К характеристике некоторых структурных особенностей льна-долгунца. Социалистическое растениеводство, сер. А, № 11, 1934. — 28. Шулов Ив. Лен-долгунец, 1921. — 29. Щепкина Т. В. Анатомические и микрохимические исследования стеблей кендыря. Архив биол. наук, т. XXIX, в. 1. — 30. Щепкина Т. В. Анатомические и микрохимические исследования стеблей кенафа. Архив биол. наук, т. XXIX, в II. — 31. Щепкина Т. В. Дополнительные сведения об исследовании кенафа. Архив биол. наук, т. XXX, вып. III — 32. Dubard. Botanique coloniale appliquée. Paris. 1913.— 34. Caldwell S. A. G. Flax Fibre, Structure and Quality. The Textile Manufacturer, 1933. June-September, vol. LIX, Nr. 702—704. — 35. Bredemann G. (Hamburg u. Dipe-Landw. H. Fabian). Der Einfluss der Ernährung auf den Fasergehalt und die Faserbeschaffenheit von Bastfaserpflanzen (Flachs und Nessel). Fortschritte der Landwirtsch. 1928, Heft 9. — 36. Honnlyman. The Constants of Flax Wax. British Pharmaceutical Conference. Leicester 1926 (Реферат). — 37. Reitsch G. Vorbereitung des Ackers zum Flachsbau. Mitteilung für die Landwirt. H. 10, 1935. — 38. Rossel H. U. Über Düngung zur Faserpflanze. Faserforsch. H. 1, 1932. — 39. Tobler. Der Flachs als Faser- und Ölpflanze. Berlin. 1928. — 40. Tunmann. Rosenthaler. Pflanzen-mikrochemie, 1931.

T. V. SCHTSCHEPKINA.

Über den Einfluss verschiedener Düngstoffe und der Luftfeuchtigkeit auf den Bau der Flachsfaser und den Einfluss des letzteren auf die Qualität der Faser

Zusammenfassung

Vorliegende Arbeit bezweckt die Lösung folgender Aufgaben:

1. Aufzuklären, inwieweit der Bau und die Eigenschaften der Textilelemente (die Faser und deren Bündel) bei reihnlinigem Dreschlein „Althausen" unter dem Einfluss von Einführung der Düngmittel N, P, K, Ca, Mg in den Boden sowohl wie unter demjenigen der Luftfeuchtigkeit einer Veränderung unterworfen sind.

2. Mit Hilfe mikroskopischer Untersuchungen und technischer Diagnosen festzustellen, welche Form der Flachfaser als die beste anzuerkennen ist und unter dem Einfluss welchen Elementes sich dieselbe ausbildet.

3. Die Resultate der mikroskopischen Untersuchung mit den technischen Diagnosen zu vergleichen und dadurch die Möglichkeit zu gewinnen sich in Zukunft für die textile Bewertung der Pflanzen ausschliesslich der mikroskopischen Untersuchung zu bedienen.

Zur Feststellung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit wurden die Pflanzen einerseits in einem feuchten Gewächshaus in Mitscherlich-Schalen, andererseits unter freiem Himmel auf Versuchsparzellen gezüchtet.

Der Einfluss des zu prüfenden Elements wurde bei voller Versorgung der Pflanzen mit den notwendigen Nährstoffen bestimmt, u. zw. indem in den Boden, je nach seinem Reichtum, die halbe oder ganze Dosis des mineralischen Düngstoffes und ausserdem in jede Serie eins der zu prüfenden Elemente eingeführt wurde. Von letzteren wurde die maximale Dosis genommen, welche, ohne bei den Versuchspflanzen (im gegebenen Falle Flachs) Missgestaltungen hervorzurufen, angewandt werden konnte.

Während der ganzen Versuchsdauer wurde die Entwicklung der Pflanzen verfolgt und bei der Ernte ihr Wuchs und das Frischgewicht bestimmt. Die reifen Pflanzen wurden mikroskopisch untersucht; das übrige eingeerntete Material zum Rösten und Prüfung der textilen Eigenschaften einem Technologen und zur Einschätzung einem Bracker übergeben (Tab. 4).

Der Versuch führte zu folgenden Ergebnissen. Zwischen den in dem feuchten Gewächshaus (in Mitscherlich-Schalen) und unter freiem Himmel (auf Versuchsparzellen) aufgewachsenen Fflanzen besteht ein Unterschied. Erstere wiesen eine längere Wachstumperiode auf und erblühten erst gegen Ende September, während letztere bereits am 3. September im Zustand voller Reife geerntet wurden. Die Gewächshauspflanzen hatten bedeutend längere Stengel als die Freilandpflanzen und zeigten eine Neigung zur Lagerung. Das mikroskopische Bild der Schnitte wies keine bedeutenden Unterschiede auf. Die Gesamtmenge der Faserbündel war herabgesetzt, der Grad der Verholzung ein höherer. Ihrer Struktur nach waren die Bündel locker und die Stengel schienen mehr für Kotoningewinnung geeignet.

Der Überfluss an verschiedenen Salzen äusserte sich folgendermassen. Ein Überfluss an Kalzium setzt die Qualität der Faser herab, indem derselbe starke Verholzung, krüppelhafte Faserausbildung und Asymmetrie in der Struktur der Bündel längs der Stengelperipherie hervorruft, infolgedessen die Faser grob und leichtbrüchig wird und einen erhöhten Prozentsatz Kurzfaser enthält. Eine Beigabe von Magnium verschlechtert zwar die Eigenschaften der Faser, doch ist der Unterschied nicht gross. Überfluss an Stickstoff ruft die Bildung ovaler Fasern und Bündel hervor; führt zu einer grösseren Lockerheit und Zartheit der Gewebe überhaupt als auch der Faser und setzt die Festigkeit der Faser sowohl als die Menge der Oltropfen ein wenig herab.

Überfluss an Kali fördert die Bildung runder Fasern und Bündel, verkleinert die Lumina in der Faser, erhöht aber ihre Schichtigkeit. Die Anzahl von Öltropfen nimmt zu. Die beschriebenen Merkmale des mikroskopischen Bildes lassen voraussetzen, dass die durch dieselben gekennzeichnete Faser sich durch positive Eigenschaften auszeichnen muss, was auch durch die technische Prüfung derselben und die Einschätzung des Brackers Bestätigung fand. Folglich übt ein Kaliüberfluss eine günstige Wirkung auf Flachs aus.

Eine erhöhte Phosphordosis im Boden erzeugt eine charakteristische Form der Faser mit grossen oft ausgezackten Kanälen, grösserem Durchmesser und einem einschichtigen dunklen konzentrischen Streifen in der Wandung. Die Anzahl der Öltröpfchen ist bedeutend.

Gemäss der technischen Prüfung und nach Schätzung des Brackers erwies sich die Faser dieser Flachsgruppe als alle übrigen an Festigkeit, Elastizität und der geringeren Menge von Kurzfasern übertreffend. Somit hat ein Überschuss von Phosphor im Boden einen günstigen Einfluss auf die gewonnene Faser.

Das Gesamtresultat der Untersuchung zeigt, dass als beste Form der Faser diejenige mit deutlichen Kanälen anzusehen ist, was mit den auf den allgemeinen Gesetzen der Mechanik und in der Baumwollenindustrie herrschenden Ansicht (als beste gilt die Faser mit Kanälen) begründeten theoretischen Voraussetzungen in völligem Einklang steht.

Die Übereinstimmung des Schnittbildes der Flachsfaser und deren durch mikroskopische Untersuchung festgestellten Kennzeichnen mit der nach den üblichen mechanischen Methoden bestimmten Qualität der textilen Elemente des Flaches gestattet es, die Anwendung der mikroskopischen Methode in der Flachsindustrie zu empfehlen, da dieselbe vor anderen Methoden den Vorzug der grösseren Schnelligkeit besitzt. Ein anderes Ergebnis der Versuche besteht in dem Nachweis der Möglichkeit durch entsprechende Massnahmen eine Faser von bestimmter Form und Eigenschaften zu erzielen.

ТОМ 22 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР 1937 № 3
TOME 22 JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS 1937 № 3

В. ПОДДУБНАЯ-АРНОЛЬДИ и В. ДИАНОВА

Характер размножения некоторых каучуконосных и не каучуконосных видов рода Taraxacum L.

С 34 рисунками

(Получено 15 XII 1936)

I

Настоящее исследование предпринятое нами главным образом с целью выяснения характера размножения каучуконосных видов *Taraxacum*: *T. kok-saghyz* Rod. и *T. hybernun* Stev., так как от выяснения этого вопроса зависит, как вести селекционную работу с этими растениями; кроме того с целью установления возможности скрещивания и родственных отношений между различными видами *Taraxacum*. Однако, ввиду неполной изученности этого рода как в морфологическом, так и в цитологическом отношениях, попытки наши, сделанные в последнем направлении, пока не увенчались успехом.

Рядом исследователей [Мурбек (Murbeck), 1934; Розенберг (Rosenberg), 1909; Осава (Osawa), 1913; Густафсон (Gustafsson), 1932—1935, и др.] у многих видов рода *Taraxacum* обнаружен соматический партеногенез [по терминологии Винклера (Winkler), 1908], или овогенная апогамия [по терминологии Страсбургера Strassburger), 1904; Эрнста (Ernst), 1918] или нередуцированный партеногенез [по терминологии Шарпа (Sharp), 1934], т. е. развитие зародыша из оплодотворенной нередуцированной яйцеклетки.[1] Когда в связи с открытием каучуконосных видов *Taraxacum* возник вопрос о введении их в культуру и о селекционной работе с ними, стало необходимым выяснить, не размножаются ли и каучуконосные виды *Taraxacum* партеногенетично. Само собою разумеется, что методика селекционной работы с растениями, размножающимися нормальным половым путем, и растениями, партеногенетично размножающимися,— различна.

Материал для настоящей работы собирался В. А. Поддубной-Арнольди в 1932 и 1933 гг., отчасти в различных пунктах Крыма (*T. hybernum* Stev.—Крым-сагыз), отчасти в Кегенском районе Алма-атинской области (*T. kok-saghyz* Rod., *T. robustum* Schischk., *T. laevigatum* (Willd.) DC., *T. bessarabicum* Hand.-Mazz., *T. multiscaposum* Schischk., *T. microspermum* Schischk.). Кроме того, по некоторым видам материал был нами получен из Ленинградского ботанического сада (*T. nutans* Dahl., *T. retroflexum* H. Lindl., *T. parnassicum* Dt.) из Московского ботанического сада (*T. officinale* Wigg.), из Мариупольской базы Института каучука и гуттаперчи (*T. serotinum* D. C.) из Атабаева—Опытной станции ВНИК и Г (*T. vernale* Schischk.) и из Маргушеванской опытной станции ВНИК и Г (*T. montanum* (C. A. M.) DC.).

---

[1] В своем изложении мы будем придерживаться терминологии Шарпа.

Исследовался материал как при помощи упрощенных и ускоренных методов микроскопического исследования (уксуснокислый кармин), так и при помощи более сложных и длительных (метод парафиновой заливки). Фиксировался материал жидкостью Carnoy. Парафинированный материал резался на микротоме системы Minnot: молодые корзинки резались на 7—10 μμ, старые—на 12—18 μμ, корешки—на 8—10 μμ.

Препараты окрашивались железным гематоксилином по Гейденгайну, гематоксилином по Делафильду и генцианвиолетт. Зарисовка препаратов производилась при помощи рисовального аппарата системы Аббé.

При изучении рода *Taraxacum* мы встретились с большими затруднениями, вследствие того что в систематическом отношении род этот крайне неполно исследован; особенно слабо исследованы виды его, входящие в состав флоры Советского Союза.

Монографии Хандель-Маццетти и Дальштедта мало пригодны, или даже вовсе не пригодны для определения наших видов *Taraxacum*, а своей монографии мы пока не имеем и вряд ли скоро будем ее иметь ввиду малой изученности этого рода. Возникшие перед нами затруднения, в связи с крайне запутанностью и малой изученностью систематики рода *Taraxacum*, до некоторой степени удалось преодолеть благодаря помощи профессора Ботанического института Академии Наук, Б. К. Шишкина, который специально занимался систематикой этого рода, и любезно согласился определить собранные нами виды и описать новые из них, обнаруженные в этих сборах. Пользуемся случаем выразить здесь благодарность Б. К. Шишкину.

Среди представителей рода *Taraxacum*, собранных В. А. Поддубной-Арнольди в Кегенском районе, Б. К. Шишкин установил три новых вида: *T. robustum*, *T. microspermum* и *T. multiscaposum*. Принимая во внимание разбивку рода *Taraxacum* на секции в понимании Хандель-Маццетти, по мнению Б. К. Шишкина *T. robustum* и *T. microspermum* следует отнести к секции *Borealia*, а *T. multiscaposum* к секции *Scariosa*.

Половое размножение у *Taraxacum kok-saghyz*, *T. multiscaposum*, *T. nutans* и других видов.

Нами обнаружено, что различные типы *Taraxacum* из зарослей разных географических пунктов (Кеген, Текес, Сары-Джас), а также с различных культурных посадок (Сары-Джас, Кок-пек, Московский ботанический сад, Маргушевань)—являются нормальными в половом отношении.

В соматических клетках корешков *T. kok-saghyz* обнаружено число хромосом равное 16 (рис. 1). *T. kok- saghyz* является диплоидным видом, так как в роде *Taraxacum* основное число хромосом равно 8. Диплоидное число хромосом, равное 16, ранее было обнаружено у *T. serotinum* D. C., *T. bessarabicum* Hand-Mazz., *T. platycarpum* Dt., *T. confertum* D. C., (Густафсон, 1932). Эти виды *Taraxacum*, по исследованиям ряда авторов, так же как и *T. kok-saghyz* размножаются нормальным половым путем.

Наши исследования *T. serotinum* и *T. bessarabicum* подтвердили данные прежних авторов относительно чисел хромосом и характера размножения. У всех этих видов обнаружено диплоидное число хромосом, равное 16. Специально изучением формы хромосом у *T. kok-saghyz* мы пока не занимаемся; однако нами обнаружено наличие одной пары хромосом со спутниками. Наличие спутников обнаружены также и Густафсоном (1932) у других видов *Taraxacum* (*T. officinale*, *T. vulgare*).

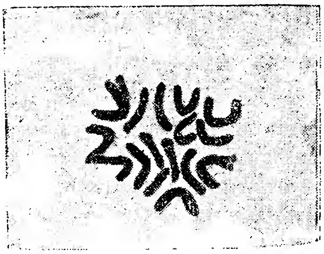


Рис. 1. Пластинка хромосом из клетки корешка *T. kok-saghyz*. × 3000

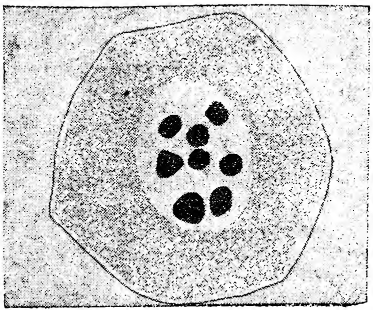


Рис. 2. Первое деление мейозиса в материнских клетках пыльцы у *T. kok-saghyz*. × 3000

У всех исследованных типов *T. kok-saghyz*, как и у других нормальных в половом отношении видов, пыльца развивается нормально, имеет гаплоидное число хромосом, равное 8 (рис. 2,3), и является фертильной на 100%. В результате правильного течения мейозиса (рис. 2,3) у *T. kok-saghyz* при развитии пыльцы образуются нормальные тетрады. Готовая пыльца у *T. kok-saghyz* морфологически однородна и имеет хорошо развитые, вполне фертильные, тонкие, длинные спермии (рис. 4). Жизнеспособность пыльцы *T. kok-saghyz* во времени отличается крайне непродолжительностью в отличие от других представителей *Compositae*. При одном и том же способе хранения (пыльца хранилась в сухом виде в пробирках, закрытых корковой пробкой; пробирки хранились в лаборатории при температуре 11—40° и влажности 40—83%), пыльца *Scorzonera tau-saghyz* Lipschitz и Bosse и *Helianthus annuus* L. остается жизнеспособной более года, у *Parthenius argentatum* Grey — не менее 30 дней, а у *T. kok-saghyz* она жизнеспособна не менее 5 дней. Для выяснения жизнеспособности пыльцы *T. kok-saghyz* пыльца, хранившаяся более или менее продолжительное время в тех или иных условиях, проращивалась или на искусственной среде или на рыльцах. При бла-

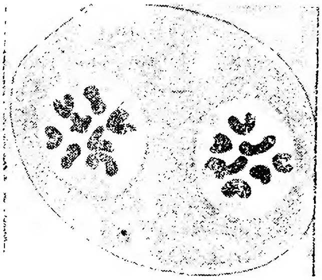


Рис. 3. Второе деление мейозиса в материнских клетках пыльцы у *T. kok-saghyz*. × 3000

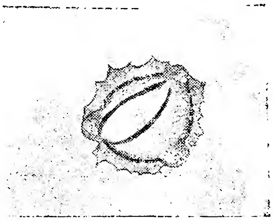


Рис. 4. Готовая пыльца *T. kok-saghyz*. × 300

гоприятных условиях проращивание только что собранной или хранившейся в лаборатории не более 5 дней пыльцы *T. kok-saghyz* удается на искусственной среде почти так же хорошо, как и на рыльцах. Особенно хорошо такая пыльца прорастает в открытых чашках Петри, на 2% агар-агаре+20 г сахарозы, при температуре 20,1—24,7° и влажности 60—79%. Пыльца, хранившаяся более 5 дней, не прорастает ни при каких условиях как на искусственной среде, так и на рыльцах.

Зародышевый мешок у *T. kok-saghyz* так же, как и пыльца, развиваются нормально. В результате нормального хода мейозиса образуется тетрада макроспор, из нижней клетки которой возникает нормальный восьми-ядерный зародышевый мешок, все ядра которого после оплодотворения имеют гаплоидное число хромосом, равное 8. Зародыш и эндосперм у *T. kok-saghyz* образуются после оплодотворения.

По характеру опыления *T. kok-saghyz* является по преимуществу растением перекрестноопыляемым, так как при опылении рылец его пыльцой с того же куста или из той же корзинки пыльца слабо прорастает, либо вовсе не прорастает, и очень редко завязываются семена; при опылении же рылец пыльцой с другого куста, пыльца прорастает очень хорошо и семена завязываются почти на 100%.

Однако у *T. kok-saghyz* не исключено и самоопыление; при изоляции на инцухт семена завязываются редко, но все же иногда завязываются.[1]

На рыльцах *T. kok-saghyz* прорастает не только своя пыльца, но и пыльца других видов *Taraxacum*, причем пыльца партеногенетических видов (например *T. microspermum*, *T. hybernum* и др.) прорастает крайне редко, вероятно, главным образом, благодаря малой фертильности пыльцы у партеногенетических видов; пыльца же нормальных видов (например *T. multiscaposum*) великолепно прорастает на рыльцах *T. kok-saghyz*. Отсюда ясно, что во втором случае имеется значительно больше шансов получить положительные результаты при скрещивании в первом.

В случае благоприятной погоды, после перекрестного опыления пыльца *T. kok-saghyz* на рыльцах того же вида начинает прорастать не позднее чем через 5 минут после опыления, причем она прорастает одинаково быстро и хорошо на всем протяжении рылец и на обеих сторонах их, особенно же на внутренней. При просмотре рылец и столбика в смеси: 1 часть уксуснокислого кармина+1 часть глицерина, фиксированных в Carnoy через разные сроки (5—10—15—30—45—60 минут) после опыления, установлено, что пыльцевая трубка через 10—15 минут достигает конца столбика. Через 15—20 минут спермии были обнаружены в зародышевом мешке. Если принять во внимание, что длина рылец и столбика *T. kok-saghyz* в среднем равна около 9 мм, то мы увидим, как велика скорость роста пыльцевых трубок у *T. kok-saghyz*. У *T. kok-saghyz* скорость роста пыльцевой трубки 8—9 мм в 15 минут, в то время как у *Crepis capillaris* 7—8 мм в 35 минут (Герасимова, 1932), у *Oenothera Lamarckiana* 4—4,7 мм в час (Бухгольц и Блексли, 1927), у *Zea Mays* 3 мм в час (Иост, 1907), у *Secale cereale* 0,8 мм в час (Иост, 1907).

Нам удалось довольно полно проследить процесс оплодотворения у *T. kok-saghyz* и установить у него наличие двойного оплодотворения.

---

[1] Процент удачи инцухта у *T. kok-saghyz* из различных урочищ Кегенского района, по данным В. Щегловой, колеблется от 2 до 15,8.

В основном процесс оплодотворения у *T. kok-saghyz* сходен с таковым у *Crepis capillaris*, другого представителя сем. *Compositae*, гр. *Cichorieae*, но протекает еще быстрее, чем у последнего. У *Crepis capillaris* (Герасимова, 1933), при благоприятных внешних условиях, оплодотворение происходит через 40 минут после опыления, у *T. kok-saghyz* оно происходит через 15—20 минут после опыления. В первой же пробе материала по оплодотворению, взятой через 15—20 минут после искусственного перекрестного опыления, уже было обнаружено слия-

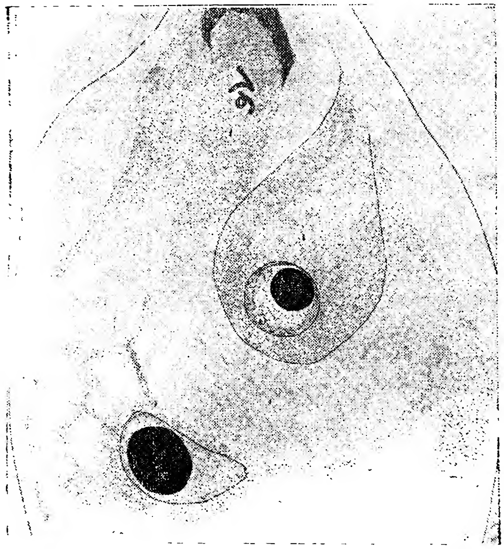


Рис. 5. Проникновение пыльцевой трубки со спермиями в зародышевый мешок *T. kok-saghyz*. × 1000

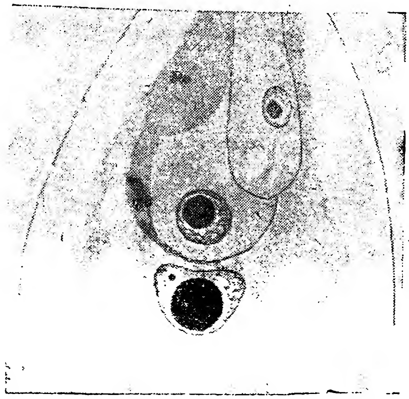


Рис. 6. Спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. Спермии укоротились и утолстились, но сохранили еще свою червеобразную форму × 1000

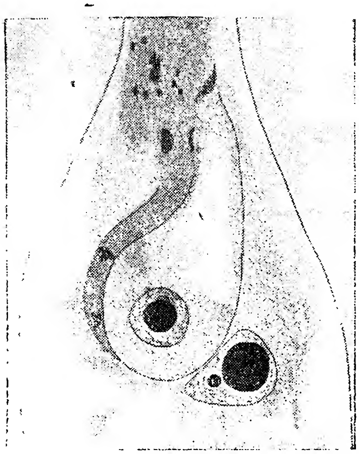


Рис. 7. Спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. Один из спермиев принял округлую форму. × 1000

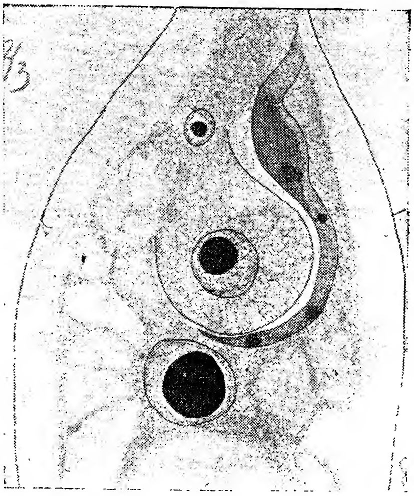


Рис. 8. Спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. Оба спермия стали округлыми. × 1000

ние спермиев с ядрами яйцеклетки и эндосперма. По имеющимся в настоящее время литературным данным, такой маленький промежуток времени между моментом опыления и моментом оплодотворения обнаружен пока только у *Crepis capillaris* и у *T. kok-saghyz*; у других покрытосеменных он значительно больший, колеблясь от нескольких часов до нескольких недель и даже месяцев у некоторых из них (*Monochlamydeae*).

При входе в зародышевый мешок оба спермия у *T. kok-saghyz* являются узкими и длинными, по форме напоминающими таковые в пыльцевом зерне и пыльцевой трубке. По мере своего движения к ядрам яйцеклетки и эндосперма, спермии у *T. kok-saghyz* как и у *Crepis capillaris* становятся более укороченными и толстыми, сохраняя первоначально свою червеобразную форму (рис. 5,6), затем становясь округлыми (рис. 7,8). Придя в контакт с ядрами яйцеклетки и эндосперма, спермии постепенно погружаются в них и сливаются с ними (рис. 9, 10), причем обычно первым оплодотворяется ядро яйцеклетки (рис. 9).

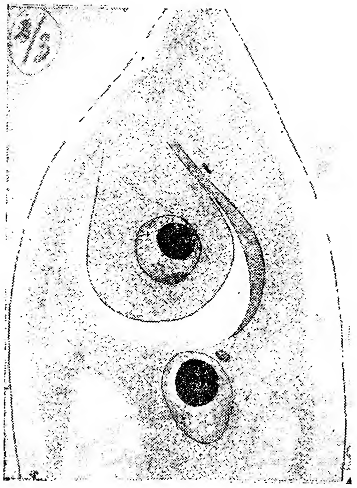


Рис. 9. Оплодотворение у *T. kok-saghyz*. Один из спермиев уже слился с ядром яйцеклетки. × 1000

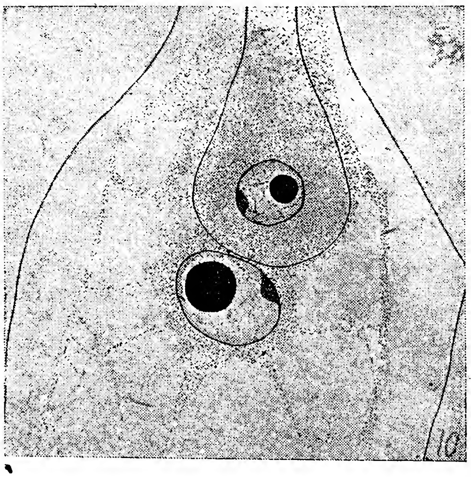


Рис. 10. Оплодотворение у *T. kok-saghyz*. Оба спермия слились с яйцами ядра и эндосперма. × 1000

Проследить детально изменение формы спермиев при оплодотворении, особенно выяснить, какую форму они принимают при слиянии их с ядрами яйцеклетки и эндосперма, становятся ли они при этом снова удлиненными, нитевидными как у *Crepis capillaris* (Герасимова, 1933),—нам не удалось из-за мелкости спермиев и, может быть, из-за недостаточного подходящей для этой цели фиксации и подкраски. Впрочем это и не входило в наши задачи, так как в работе Герасимовой (1933) этот вопрос очень детально исследован.

Нашей задачей было лишь картинами оплодотворения иллюстрировать наличие у *T. kok-saghyz* нормального полового размножения. Кроме того изучение оплодотворения казалось нам необходимым для получения в дальнейшем мутаций экспериментальным путем. Зная, когда и как протекают оплодотворение и развитие зародыша, мы сможем при помощи различных реагентов (рентгена, высоких и низких температур, наркотиков и т. д.) повлиять на нарушение нормального течения этих процессов, с целью получения хромосомальных аберраций и генных мутаций. Герасимова (1933), изучая процесс оплодотворения у *Crepis capillaris*, обнаружила, что при слиянии с ядром яйцеклетки и эндосперма спермии имеют нитевидно-спиральную форму, а не форму округлых ядер. По рисункам С. Г. Навашина (1900), спермии у *Helianthus annuus*, при слиянии с ядрами яйцеклетки и эндосперма, также имеют нитевидно-спиральную форму. Можно было бы предполагать, что эта характерная для данных видов форма спермиев характерна и для других представителей сем. *Compositae* и может явиться систематическим признаком для всего семейства. Однако некоторые авторы (Ланд, 1900; Кокиева, 1932) у других *Compositae* (*Erigeron philadelphicus*, *Parthenium argentatum*) изображали округлой формы спермии при слиянии их с ядром яйцеклетки и эндосперма.

Правда, в обоих случаях, особенно же во втором, картины оплодотворения очень сомнительны, так как те ядра, которые авторы принимали за спермиев, слишком велики; они были величиной почти с ядро эндосперма и яйцеклетки, в то время как у других представителей *Compositae* спермии во много раз меньше последних. Возможно, что авторы ошибочно принимали за оплодотворение то, что они видели; особенно это касается работ Кокиевой (1932), которая изображает лишь картины слияния ядер эндосперма со спермием, так как слияния ядра яйцеклетки со спермием она не видела.

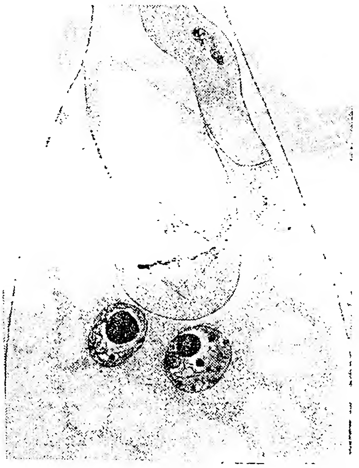


Рис. 11. Первое деление ядра оплодотворенной яйцеклетки у *T. kok-saghyz*. × 1000

Таким образом, вопрос о наличии в сем. *Compositae* округлой формы спермиев в момент слияния их с ядром яйцеклетки и эндосперма остается открытым.

У многих других представителей покрытосеменных: *Primula officinall*, *Asclepias cornuti*, *Scilla sibirica*, *Phelipaea ramosa*. *Haberlea rhodopensis*, *Melilotus officinalis* и др. рядом авторов [Дальгрен. (Dahlgren), 1916; Финн (Finn), 1928—1931; Гургенова (Gourgenova), 1928; Глишик (Glischic), 1931; Купер (Cooper), 1933, и др.], с несомненностью было установлено, что спермии при слиянии их с ядрами эндосперма и яйцеклетки имеют форму округлых ядер.

Таким образом у покрытосеменных имеется по крайней мере два типа оплодотворения: один тип—когда спермии при входе в зародышевый мешок имеют форму округлых ядер и эту же форму сохраняют при слиянии с ядром яйцеклетки и эндосперма (*Primula officinalis*, *Myosurus minimus*, *Phelipea ramosa* и др.), другой—когда спермии при входе в зародышевый мешок являются удлиненными, червеобразными, затем становятся округлыми, а в момент слияния с ядрами яйца и эндосперма становятся нитевидно-спиральными (*Helianthus annuus*, *Crepis capillaris* и др.). Каково распространение обоих этих типов среди покрытосеменных, и имеют ли этот признак, как и другие цитоэмбриологические признаки систематическое и филогенетическое значение,—вопрос в настоящее время открытый.

После оплодотворения ядра яйцеклетки и эндосперма у *T, kok-saghyz* претерпевают некоторый период покоя, после которого наступает их деление. Как правило, первым делится ядро эндосперма (рис. 11), и лишь изредка, наоборот, первым делится ядро яйцеклетки. Первое деление ядра эндосперма было обнаружено через 3 часа 50 минут после опыления. Тип эндосперма у *T. kok-saghyz* нуклеарный, так как вслед за первым делением ядра эндосперма не наступает образования клеточной перегородки.

По данным литературы (см. сводку Шнарфа, 1929 и 1931), у видов *Taraxacum*, а также почти у всех представителей *Cichorieae*—целлюлярный тип эндосперма. Эти данные нам представляются неверными, так как нами у многих представителей этой группы (*Scorzonera, Tragopogon, Mulgedium*), в том числе и у *Taraxacum*, обнаружен нуклеарный тип эндосперма.

Первое деление ядра яйцеклетки у *T. kok-saghyz* обнаружено через 5 часов после опыления (рис. 11). Через 6 часов после опыления был обнаружен двуклеточный зародыш и двуядерный эндосперм, через 8 часов—четырехклеточный зародыш и четырехядерный эндосперм, а через 24 часа обнаружены многоклеточные зародыш и эндосперм.[1] (рис. 19).

Полученные нами результаты по оплодотворению у *T. kok-saghyz* сведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Нр проб	Дата изоляции	Время опыления			Срок взятия проб			Через сколько времени после опыления взята проба		Какие обнаружены стадии
		число	часы	мин.	число	часы	мин.	часы	мин.	
1	15/VI	17/V	11	30	17/VI	11	45		15	Вхождение пыльцевых трубок .в зародыщевой мешок, движение спермиев к ядрам яйцеклетки в эндосперма. Слияние ядер яйцеклетки-эндоспенма со спермиями.
2	15/VI	17/V	11	15	17/VI	12			45	
3	15/VI	17/V	11		17/VI	12	15	1	15	
4	15/VI	17/VI	10	45	17/VI	12	30	1	45	Покой после оплодотворения, но есть и картины со спермиями.
5	15/VI	17/VI	10	30	17/VI	1		2	30	
6	15/VI	17/VI	10	20	17/VI	1	30	3	10	После покоя оплодотворени.
7	15/VI	17/VI	10	10	17/VI	2		3	50	Картины со спермами нет. Первое деление ядра эндосперма.
8	15/VI	17/VI	10		17/VI	3		5		Первое деление ядра яйцеклеткии.
9	15/VI	17/VI	9	45	17/VI	4		6	15	Двухклеточный зародыш и двухядерный эндосперм.
10	15/VI	17/VI	9	36	17/VI	6		8	15	Четырехклеточный зародыш и четырехядерный эндосперм.
11	18/VI	17/VI	9	15	17/VI	10		24		Многоклеточные зародыши и эндоспермы.

---

[1] У *Crepis capillaris* (Герасимова, 1933) первое деление ядра эндосперма обнаружено через 4 часа после опыления, ядра яйцеклетки — через 5 час. 30 мин., образование четырехклеточного зародыша через 9 час. 30 мин.

Несомненно, что быстрота роста пыльцевых трубок, оплодотворения и развития зародыша у *T. kok-saghyz*, как и у других растений (например *Crepis capillaris*), тесно связана с метеорологическими данными и может варьировать в зависимости от изменения последних; поэтому мы приводим здесь метеорологические данные того дня (17/VI 1933), когда произведены были опыление и фиксация материала по оплодотворению.

ТАБЛИЦА 2

17/VI	9 часа утра	10 часов утра	11 часов утра	12 часов утра	1 час дня	2 часа дня	3 часа дня
Температура .	20,5°	23,5°	21,5°	20°	19,5°	28°	18°
Облачность .	8	8	7	7	5	4	8
Ветер	0,06 м/с	0,13 м/с	0,24 м/с	0,31 м/с	1,06 м/с	1,05 м/с	1,20 м/с
Влажность .	66%	—	52%	—	46%	—	—

Остановимся здесь попутно на тех ненормальностях, которые были обнаружены нами у *T. kok-saghyz* при обработке материала по оплодотворению.

В одних случаях, в зародышевом мешке *T. kok-saghyz* обнаружено присутствие лишних яйцеклеток, 2—4 вместо одной (рис. 12), в других — лишних спермиев 4—8 вместо двух (рис. 13, 14, 15, 16, 17).

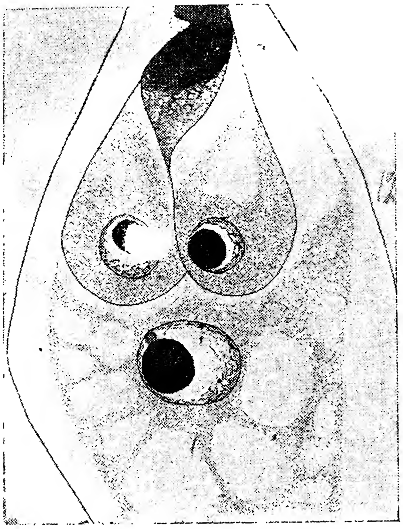


Рис. 12. Лишняя яйцеклетка в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. × 1000

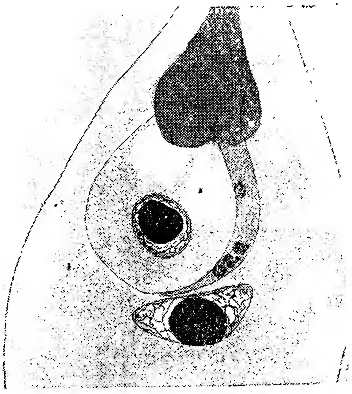


Рис. 13. Лишние спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. × 1000

Увеличение количества яйцеклеток в зародышевом мешке покрытосеменных ранее уже известно у ряда видов (*Delphinium elatum*, *Parnassia palustris*, *Armeria alpina*, *Ochna serrulata*, *Crepis capillaris* и др.); особенно яркий пример этого явление представляет собой *Crepis capillaris*, у некоторых рас которого Е. Герасимова (1933) обнаружила присутствие от одного до четырех лишних яйцеклеток при наличии двух синергид вторичного ядра зародышевого мешка и комплекса антипод.

Присутствие лишних яйцеклеток обычно объясняют способностью других элементов (синергид, антипод, полярных ядер) зародышевого мешка функционировать, как яйцеклетки. Однако в тех случаях (как, например, у *Crepis capillaris*), когда лишние яйцеклетки присутствуют наряду с наличием всех остальных элементов зародышевого мешка, происхождение добавочных яйцеклеток с этой точки зрения необъяснимо. Нам не удалось выяснить причин происхождений лишних клеток у *T. kok-saghyz*.

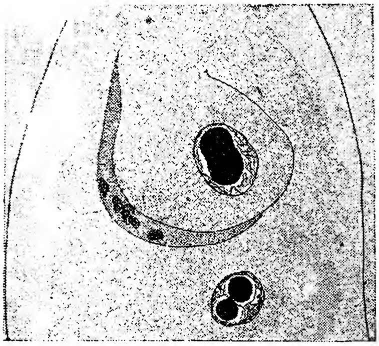


Рис. 14. Лишние спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*, × 1000

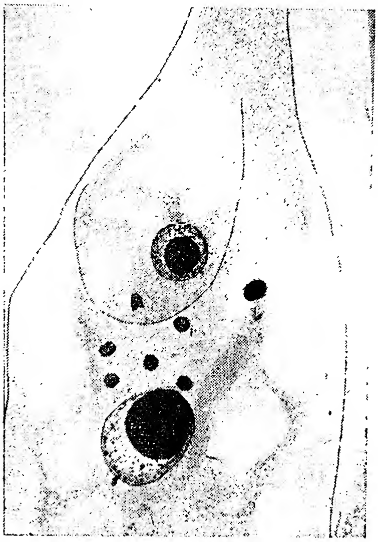


Рис. 15. Лишние спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. × 1000

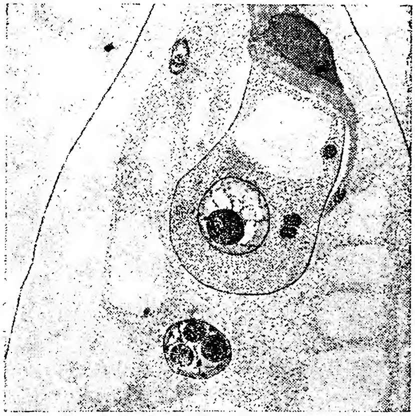


Рис. 16. Лишние спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. × 1000

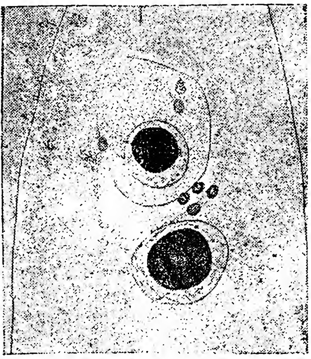


Рис. 17. Лишние спермии в зародышевом мешке *T. kok-saghyz*. × 1000

Остановимся теперь на явлении присутствия лишних спермиев в зародышевом мешке. Явление это также в настоящее время известно у ряда покрытосеменных растений; например у видов *Juglans* (Навашин С. и Финн, 1912), у *Myosurus minimus* (Чернояров, 1915), у *Crepis capillaris* (Герасимова, 1933).

Происхождение этого явления может быть объяснено двояким образом: либо в зародышевый мешок проникает не одна, а несколько пыльцевых трубок, либо в одной и той же пыльцевой трубке число спермиев увеличивается благодаря делению их. Вхождение в зародышевый мешок нескольких пыльцевых трубок обнаружено у видов *Juglans* (Навашин С. и Финн, 1912), у *Myosurus minimus* (Чернояров, 1915) и др. Увеличение числа спермиев в одной и той же пыльцевой трубке или пыльцевом зерне обнаружено у *Scilla sibirica* [Шивинд-Тийс (Schiewind-Thies), 1901], у *Spathiglottis plicata* [Сюссенгут, (Suessenguth), 1923], у *Galanthus nivalis* (Транковский, 1930), у *Crepis capillaris* (Герасимова, 1933) и др.

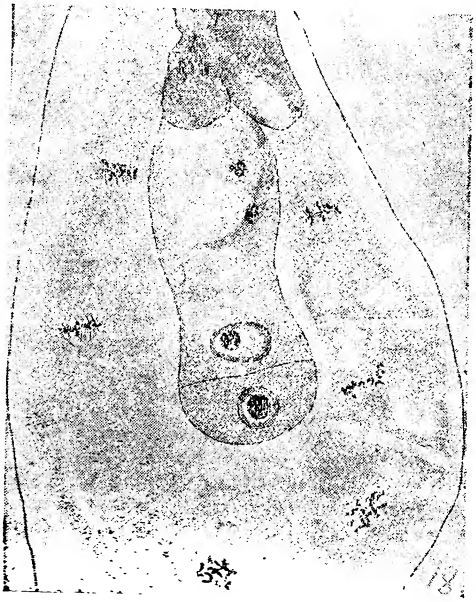


Рис. 18. Двуклеточный зародыш и лишние спермии у *T. kok-saghyz.* × 1000

По нашему мнению, у *T. kok-saghyz* имеются оба эти явления. В случаях, изображенных на рисунках 15, 16, 17, лишние спермии внесены, повидимому, различными пыльцевыми трубками, на что указывает разбросанное положение спермиев. Однако прямых доказательств этому нет, так как пыльцевые трубки и в этом случае, как и во многих других, не были обнаружены. В случаях, изображенных на рисунках 13, 14, присутствие лишних спермиев, вероятно, связано с делением их, так как они находятся все вместе, и кажется, что они возникли из одной и той же пыльцевой трубки.

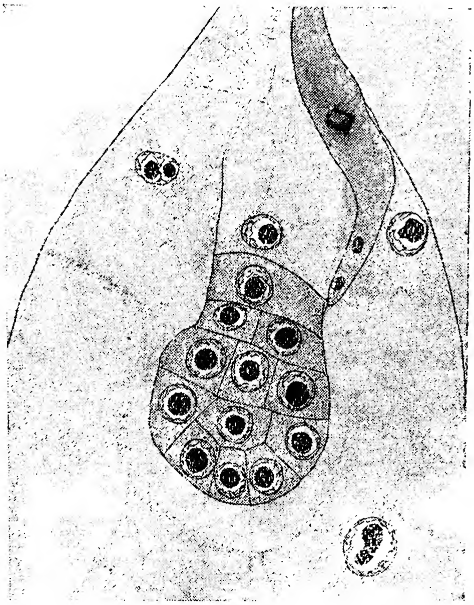


Рис. 19. Многоклеточный зародыш и лишние спермии у *T. kok-saghyz.* × 1000

Несмотря на наличие лишних яйцеклеток и спермиев, полиспермии и полиэмбрионии у *T. kok-saghyz* не обнаружены. Не выполнив своих функций, лишние яйцеклетки и спермии постепенно дегенерировали, однако последние можно было обнаружить в зародышевом мешке и после образования двух- и даже многоклеточного зародыша (рис. 18 и 19).

Настоящее исследование не оставляет никаких сомнений относительно характера размножения *T. kok-saghyz.* Вполне ясно, что этот вид размножается нормальным половым путем. Из других видов *Taraxacum*, исследованных нами, нормальное половое размножение обнаружено у *T. micraspermum*

(Кеген), *T. nutans* (Ленинградский ботанический сад), *T. vernale* (Кеген), *T. multiscaposum* (Атабаево).

Подробно мы не будем останавливаться на описании этих видов, так как ввиду сходства их с *T. kok-saghyz* и другими, ранее описанными нормальными в половом отношении видами *Taraxacum* (*T. bessarabicum*, *T. serotinum*, *T. platycarpum*) нам пришлось бы повторяться. Отметим только, что *T. multiscaposum*, *T. nutans* и *T. vernale* также оказались диплоидными (2n = 16), что развитие пыльцы и зародышевого мешка у них происходит нормально, что зародыш и эндосперм у них образуются после двойного оплодотворения.

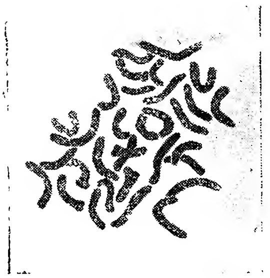


Рис. 20. Пластинка хромосом из клетки корешка *T. hybernum*. × 3000

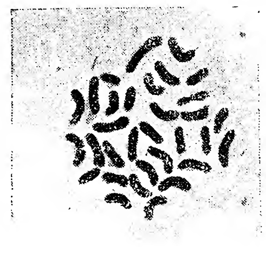


Рис. 21. Пластинка хромосом из клетки корешка *T. hybernum*. × 3000

Партеногенетическое размножение у *T. hybernum*, *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. laevigatum*, *T. officinale* и у других видов.

По нашим наблюдениям, *T. hybernum* является партеногенетически размножающимся видом. Несмотря на исследование обширного материала по *T. hybernum* из различных географических пунктов (Севастополь, Сарыч, Симеиз, Алупка, Ялта, Никита, Гурзуф, Партенит, Алушта, Туак, Судак), мы не обнаружили у него биотипов, нормальных в половом отношении.

Из числа других исследованных нами видов *Taraxacum*, партеногенез обнаружен у *T. retroflexum* (Ленинградский ботанический сад), *T. montanum* (Маргушевань), *T. robustum* (Кеген), *T. microspermum* (Кеген). Кроме того наши данные подтвердили данные других авторов [Шкорбатов, 1910; Густафсон, 1932; Сиирс (Sears), 1922] о наличии партеногенетического способа размножения у *T. laevigatum* (Кеген), *T. officinale* (Московский ботанический сад) и *T. parnassicum* (Ленинградский ботанический сад). *T. hybernum* является тетраплоидным видом (4n = 32) (рис. 20—21), *T. retroflexum*, *T. robustum* (рис. 22), *T. microspermum*, *T. parnassicum*, *T. officinale*, *T. laevigatum* являются триплоидами (3n = 24) и *T. montanum* — пентаплоидом (5n = 40) (рис. 23).

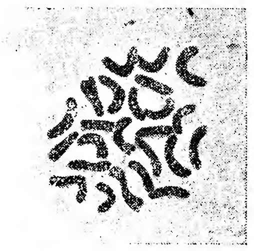


Рис. 22. Пластинка хромосом из клетки корешка *T. robustum*. × 3000

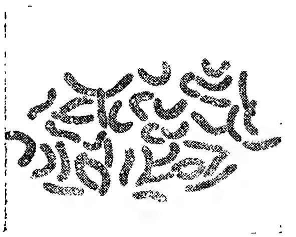


Рис. 23. Пластинка хромосом из клетки корешка *T. montanum*. × 3000

Полученные нами данные сведены в нижеприведенной табличке (табл. 3).

В соматических клетках корешков хромосомы у всех этих видов *Taraxacum* являются тонкими, длинными, мало чем отличающимися от хромосом других видов *Taraxacum*, в том числе и от *T. kok-saghyz*.

ТАБЛИЦА 3

Название вида	Происхождение материала	Число хромосом	Характер размножения
T. kok-saghyz	Кегенский район	16	Нормальное половое размножение
T. multiscaposum . . .	„ „	16	То же
T. bessarabicum	„ „	16	„ „
T. nutans	Ленинградский ботанический сад	16	„ „
T. vernalis	Атабаево	16	„ „
T. serotinum	Мариупольский район	16	„ „
T. retroflexum	Ленинградский ботанический сад	24	Нередуцированный партеногенез
T. microspermum . . .	Кеген	24	То же
T. robustum	„	24	„ „
T. laevigatum	„	24	„ „
T. officinalis	Московский ботанический сад	24	„ „
T. parnassicum	Ленинградский ботанический сад	24	„ „
T. hybernum	Крым	32	„ „
T. montanum	Маргушевань	40	„ „

У *T. hybernum* в некоторых случаях наблюдались пластинки с несколько укороченными хромосомами (рис. 21). При изучении у этих партеногенетических видов *Taraxacum* мужских половых элементов нами установлено, что степень дегенерации их различна у разных видов. У одних из них (например *T. robustum*, *T. montanum*) обнаружен довольно большой процент нормальной пыльцы; у других (например *T. hybernum*, *T. officinale*, *T. microspermum*) процент образования нормальной пыльцы очень мал; у третьих (например *T. laevigatum* и у отдельных индивидуумов *T. microspermum*) не только не образуется нормальной, но и стерильной пыльцы, тычинки рано дегенерируют, и цветки становятся однополыми, женскими.

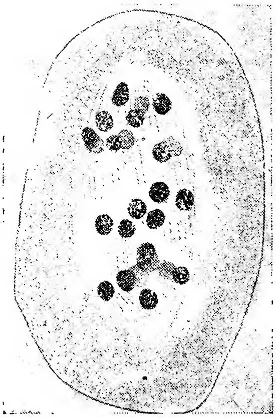


Рис. 24. Реституционное деление в материнских клетках пыльцы *T. hybernum*. × 3000

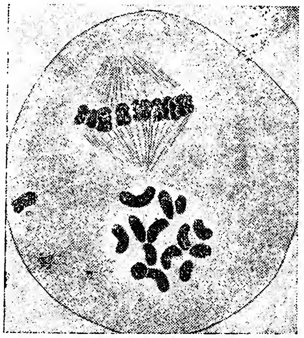


Рис. 25. Первое деление мейозиса в материнских клетках пыльцы *T. hybernum*. × 3000

У *T. hybernum*, *T. officinale*, *T. robustum* и *T. montanum* образование пыльцы обнаружено, но процесс развития ее протекает более или менее неправильно. Наряду с картинами нормального течения первого деления мейозиса здесь обнаружено так называемое семигетеротипическое (по терминологии Розенберга—1927, описавшего это деление у партеногенетических видов *Hieracium*).

Вследствие слабой конъюгации хромосомы у этих видов *Taraxacum* крайне редко образуют биваленты, триваленты и тетраваленты, обычно же они образуют униваленты, которые неправильно, неодновременно отходят к противоположным полюсам. Отдельные хромосомы нередко не доходят до того или иного полюса и образуют добавочные ядра большей или меньшей величины в зависимости от количества находящихся в них хромосом (рис. 27*b*, *c*). Следовательно здесь возникают ядра с разным числом хромосом, то больше (рис. 26), то меньше (рис. 25) гаплоидного числа. Нередко образуются добавочные ядра, имеющие всего одну хромосому (рис. 25).

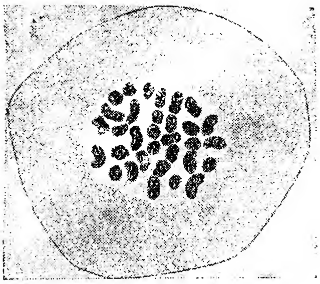


Рис. 26. Первое деление мейозиса в материнских клетках пыльцы *T. hybernum* после выпадения гетеротипического деления. × 3000

Добавочные ядра то каждое окружается собственной плазмой и клеточной оболочкой, вследствие чего образуются пентады, гексады, октады и т. д., то по несколько заключаются в одну и ту же клетку, благодаря чему образуются многоядерные клетки пыльцы с 2—4 ядрами (рис. 29*b*), нередко значительно более крупные, чем нормальные одноядерные клетки, и причудливой формы. По своему характеру и способу образования многоядерная пыльца исследованных нами видов *Taraxacum* очень сходна с таковой партеногенетических видов *Chondrilla* (Поддубная-Арнольди, 1933). У этих видов *Taraxacum,* так же как и у видов *Chondrilla,* многоядерная пыльца дегенерирует, образования спермиев в ней не обнаружено.

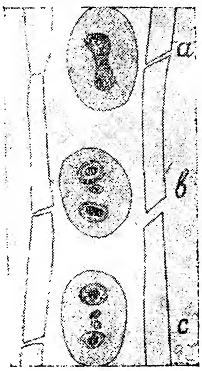


Рис. 27. Участок пыльника *T. hybernum*; *a*) телофаза первого деления после выпадения гетеротипического деления; *b*) диада с одним небольшим добавочным ядром; *c*) диада с двумя небольшими добавочными ядрами. × 1000

Наряду с семигетеротипическим и нормальным течением первого деления мейозиса у описываемых нами здесь партеногенетических видов *Taraxacum*, наблюдаются случаи „выпадения редукционного деления“ (рис. 24) и образование „реституционного ядра“ (рис. 27а) (по терминологии Розенберга, 1927), в результате чего вместо тетрады с гаплоидными ядрами образуется диада с диплоидными.

„Выпадение редукционного деления“ обнаружено в настоящее время у ряда партеногенетически размножающихся видов *Hieracium* (Розенберг, 1927—1930), *Artemisia* [Киаруджи (Chiarugi), 1927], *Erigeron* [Карино (Carino), 1921], *Chondrilla* (Поддубная-Арнольди, 1933), а также у других видов *Taraxacum* (Густафсон, 1932). Кроме того выпадение редукционного деления обнаружено у некоторых гибридов (Карпеченко, 1927). Сущность этого явления заключается в том, что в анафазе первого деления (рис. 24) хромосомы не расходятся к противоположным полюсам, а снова включаются в одну и ту же ядерную оболочку (рис. 27*a*). Реституционные ядра обычно имеют неправильную, нередко весьма причудливую форму и диплоидное число хромосом. Несмотря на „выпадение редукционного деления“ второе деление мейозиса в таких материнских клетках пыльцы (м. к. п.) происходит, но вместо обычных двух веретен при этом образуется одно большое с соединением всех хромосом вместе и образованием диплоидной пластинки (рис. 26). У одних исследованных нами видов *Taraxacum* диады возникают чаще, у других — реже. Наиболее часто они образуются у *T. hybernum,* где число диад нередко превышает 50%. Во всех наблюдавшихся случаях, наряду с диадами, обнаружены нередко тетрады, триады и редко пентады, гексады и т. п., причем нами обнаружены ядра с различным числом хромосом. Например у *T. hybernum* число хромосом в ядрах пыльцы колеблется от 1 до 32.

Нередко мы наблюдали наличие ядер с числами хромосом большими или меньшими, чем гаплоидное, но ядер с числом хромосом, превышающим диплоидное, не обнаружили. По данным же Густафсона (1932), у некоторых форм комплекса *T. vulgare* наблюдаются материнские клетки пыльцы с числом хромосом, превышающим нормальное для данного вида диплоидное число. Формы *T. vulgare* являются триплоидными ($3n = 24$), тем не менее у некоторых форм отдельные, или все материнские клетки пыльцы в пыльцевых гнездах, имеют более высокие числа хромосом (32—40, 48—76). Такие многохромосомные ядра, по мнению Густафсона (1932), возникают „durch wiederholte Längsteilung der Chromosomen, ohne Auflösung der Kernmembran“.

Благодаря всем вышеописанным неправильностям, пыльца у интересующих нас здесь партеногенетических видов *Taraxacum* выглядит более или менее неоднородной морфологически: наряду с карликовой пыльцой здесь обнаружены гигантская и промежуточная между этими крайними типами. Вследствие ненормального своего развития, пыльца у этих видов *Taraxacum* в большей или меньшей степени бесплодна. У *T. hybernum* пыльца в большей своей массе (до 95—99%) дегенерирует. Однако и у *T. hybernum*, как и у некоторых других партеногенетических видов *Taraxacum*, а также видов *Chondrilla* (Поддубная-Арнольди, 1933) образуется небольшой процент нормальной пыльцы, сходной с таковой у *T. kok-saghyz* (рис. 4): такая пыльца довольно крупная, и в ней протекает нормальный спермиогенез, в результате которого образуется два узких, длинных спермия.

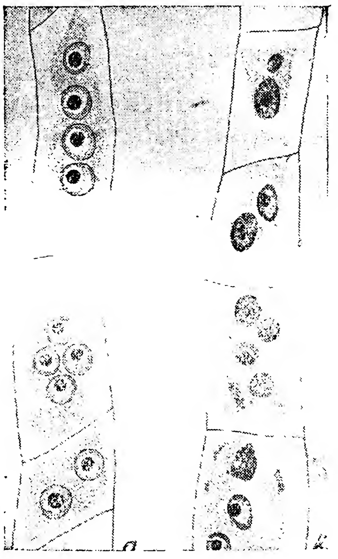


Рис. 28. Участок пыльника *T. laevigatum*: *a*) образование многоядерных материнских клеток пыльцы. *б*) дегенерация ядер в м. к. п. × 1000

Опыты по проращиванию пыльцы некоторых партеногенетических видов *Taraxacum*: *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. hybernum* на искусственной среде у нас не увенчались успехом. Однако при искусственном опылении ею рылец, как партеногенетических *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. hybernum*, так и нормальных в половом отношении видов *Taraxacum* (*T. kok-saghyz*), нами на отдельных рыльцах были обнаружены отдельные проросшие пыльцевые зерна, что указывает на то, что у ряда партеногенетических видов *Taraxacum* все же образуется и жизнеспособная пыльца.

В тех случаях, как у *T. laevigatum* и отдельных индивидуумов *T. microspermum*, когда образование пыльцы не обнаружено, отсутствие последней, по нашим наблюдениям, объясняется дегенерацией материнских клеток пыльцы на разных стадиях развития. В таких материнских клетках пыльцы нередко происходит как первое, так и второе деление мейозиса, но при этом не возникает клеток диад, тетрад, триад и т. д., а возникают дву- или многоядерные клетки (рис. 28а), которые при этом не округляются и не отходят друг от друга, а остаются соединенными в цепочки по длине всего пыльника.

Ядра, а затем и плазма в этих многоядерных материнских клетках пыльцы постепенно сжимаются, содержимое их постепенно разрушается (рис. 29b). Разрушенное содержимое клеток густо красится гематоксилином, представляя собой плотные, гомогенные, не раскрашивающиеся сгустки (рис. 29а); постепенно исчезают и эти остатки м. к. п.

В зрелых пыльниках *T. laevigatum* не только не было обнаружено пыльцы, но и остатков дегенерировавших м. к. п. и даже пыльцевых гнезд; вся ткань тычинки состояла из совершенно однородных клеток, причем такие недоразвитые тычинки скоро подсыхали и отпадали.

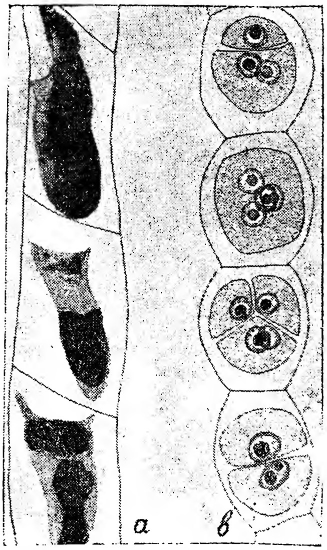


Рис. 29. а) участок пыльника *T. laevigatum* с дегенерировавшими м. к. п.; b) Участок пыльника *T. officinale* с двучетырехядерной пыльцой, с триадой, диадами и монадой. × 1000

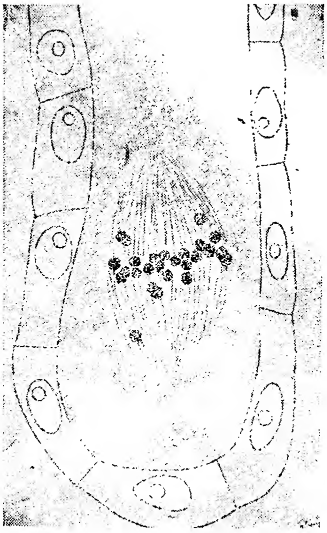


Рис. 30. Семигетеротипическое деление при образовании макроспор у *T. hybernum*. × 1000

Другими авторами [Раункиер (Raunkiaer), 1903; Густафсон, 1932] отсутствие образования пыльцы было обнаружено у следующих видов *Taraxacum*: *T. decipiens* Raunk., *T. croceus* Dt., *T. paludosum* Scop., *T. Ostenfeldii* Raunk., *T. speciosum* Raunk., кроме того у двух биотипов *T. obovatum* D. C. и *T. glaucanthum* D. C. У многих других ранее исследованных партеногенетических типов *Taraxacum* (Густафсон, 1932, 1935) пыльца хотя и образуется, но она в большей или меньшей степени бесплодна.

Переходя к описанию развития зародышевого мешка у *T. hybernum* и других исследованных нами партеногенетических видов *Taraxacum*, следует отметить, что оно также протекает здесь иначе, чем у растений, размножающихся нормальным половым путем. Однако мы обнаружили почти полное отсутствие стерильности женских половых элементов, благодаря чему партеногенетически размножающиеся виды почти так же фертильны, как и нормальные виды.

При образовании макроспор, здесь изредка происходит семигетеротипическое деление, характеризующееся не одновременным расхождением хромосом (рис. 30): отставанием одних и забеганием других. Обычно же редукционное деление здесь выпадает, в результате чего образуется диада макроспор (рис. 31), ядра которой, аналогично ядрам диады макроспор, имеют нередуцированное диплоидное число хромосом. Наряду с образованием диады макроспор у партеногенетических биотипов, мы ни разу не обнаружили образования тетрад, триад и т. д., не обнаружили также и присутствия добавочных ядер в клетках диады; словом, никаких отклонений от образования диад нами не обнаружено. Зародышевой мешок образуется из нижней клетки диады макроспор. A priori можно предполагать, что, благодаря выпадению редукционного деления, все ядра в зародышевом мешке партеногенетических видов *Taraxacum* имеют нередуцированное число хромосом, но, к сожалению, нам не удалось найти подходящих картин для подсчета хромосом в зародышевых мешках, и потому мы

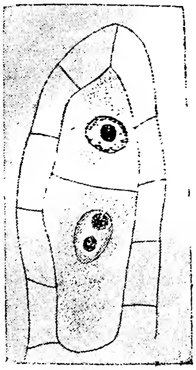


Рис. 31. Диада макроспор у *T. hybernum*. × 1000

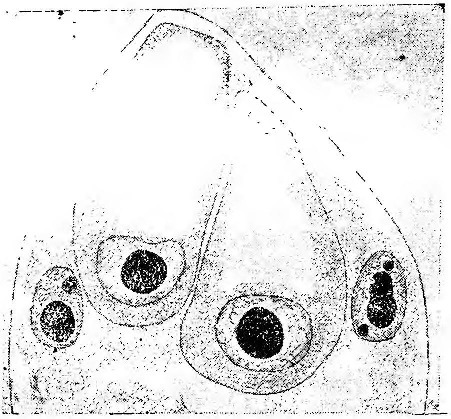


Рис. 32. Лишняя яйцеклетка в зародышевом мешке у *T. hybernum*. × 1000

не можем иллюстрировать данное предположение, хотя оно и неоспоримо. Готовый зародышевый мешок у описываемых нами здесь видов *Taraxacum*, так же как и нормальных в половом отношении видов *Taraxacum* и многих других покрытосеменных растений,— нормальный, восьмиядерный, по внешнему своему виду ничем не отличающийся от такового у нормальных в половом отношении видов.

Несмотря на то, что у партеногенетических видов *Taraxacum* зародышевый мешок обычно нормального типа, в отдельных случаях мы наблюдаем нарушение диференциации в нем, которое выражалось в образовании яйцевого аппарата, состоящего не из одной, а из двух яйцеклеток (рис. 32). Это отклонение не является, однако, специфическим для партеногенетических видов *Taraxacum*, так как оно обнаружено и у нормального в половом отношении *T. kok-saghyz* (рис. 12). Микропиле у партеногенетических видов *Taraxacum* не является закрытым, как у некоторых других партеногенетических видов, например у *Alchemilla alpina*, *A. speciosa* и др. (Мурбек, 1901), и по строению своему сходно с таковым нормальных в половом отношении видов; внутри оно снабжено волосками, характерными не только для видов *Taraxacum* и других представителей группы *Cichoriae*, но и для представителей некоторых других групп *Compositae*. При искусственном опылении рылец партеногенетических видов *Taraxacum* пыльцой партеногенетических же видов установлено, что она прорастает при этом лишь в крайне редких случаях, и то единично. Вхождения же пыльцевых трубок и спермиев в зародышевый мешок и картин оплодотворения у этих видов *Taraxacum*, как и следовало ожидать, не обнаружено вовсе. Зародыш и эндосперм здесь образуются без оплодотворения, из нередуцированных ядер, но по типу строения сходны с таковыми нормальных видов *Taraxacum*: эндосперм и здесь нуклеарный зародыш обычного для *Compositae* типа.

Нами установлено, что развитие зародыша и эндосперма у партеногенетических видов *Taraxacum* начинается еще до момента раскрытия цветка, что указывает на отсутствие оплодотворения, так как в закрытом цветке, с не треснувшими пыльниками и несозревшим рыльцем, невозможно не только перекрестное опыление, но и самоопыление. У некоторых других партеногенетических видов, например у *Alchemilla alpina* (Мурбек, 1901), развитие зародыша также происходит до открытия цветка, когда еще невозможно оплодотворение. При образовании зародыша и эндосперма у партеногенетических видов *Taraxacum*, как и у нормальных в половом отношении, первым делится вторичное ядро зародышевого мешка; после образования двух ядер эндосперма происходит первое деление ядра яйцеклетки. За день до распускания цветка, в большинстве случаев, в зародышевом мешке партеногенетических видов *Taraxacum* был обнаружен четырехклеточный зародыш (рис. 33), но иногда 6-, 8- и даже 16-клеточный. При этом и здесь, как у партеногенетических видов *Chondrilla*, при образовании зародыша обе синергиды долго оставались неразрушенными, что также указывает на отсутствие проникновения пыльцевых трубок в зародышевый мешок. Через 2—3 часа после раскрытия цветка у партеногенетических видов *Taraxacum* уже были обнаружены многоклеточные зародыш и эндосперм. У нормальных в половом отношении видов *Taraxacum* к моменту открытия цветка в зародышевом мешке мы находим неоплодотворенную, неразделившуюся яйцеклетку, и только через сутки после опыления и на следующий день после открытия цветка — многоклеточный зародыш и эндосперм (рис. 34).

Прежде чем пойти дальше мы считаем необходимым остановиться здесь на одном любопытном факте. При искусственном произведенном нами опылении рылец *T. hybernum* пыльцой нормального в половом отношении *T. kok-saghyz* было обнаружено, что пыльца *T. kok-saghyz* великолепно прорастает на рыльцах *T. hybernum*. Эти данные указывают на то, что рыльца партеногенетических видов *Taraxacum* способны нормально функционировать и что почти полное непрорастание на них пыльцы партеногенетических же видов указывает на слабую жизнеспособность или полную нежизнеспособность пыльцы этих видов.

Проращивая пыльцу *T. kok-saghyz* на рыльцах *T. hybernum*, нами установлено, что пыльца *T. kok-saghyz* при этом не только хорошо прорастает на рыльцах, но пыльцевые трубки могут даже дойти до конца столбика и войти в зародышевой мешок *T. hybernum*. Однако слияние гаплоидных спермиев *T. kok-saghyz* с нередуцированными ядрами яйцеклетки и эндосперма *T. hybernum* произойти не может, так как к моменту проникновения пыльцевых трубок *T. kok-saghyz* в зародышевый мешок *T. hybernum* в последнем уже имеются вполне сформированный зародыш и эндосперм.

Наши наблюдения убеждают нас в том, что в роде *Taraxacum* невозможно получение гибрида, как при опылении рылец партеногенетических видов *Taraxacum* пыльцой нормальных видов, так и при опылении рылец партеногенетических видов пыльцой партеногенетических же видов. Получение гибридов в роде *Taraxacum* возможно лишь при скрещивании нормальных в половом отношении видов, а может быть и при опылении видов нормальных в половом отношении пыльцой партеногенетических. Первые опыты по скрещиванию различных видов *Taraxacum* между собой были поставлены Раункиером (1903).

По данным Раункиера (1903), пыльца при этих скрещиваниях не оказала влияния, и потомство походило исключительно на материнские формы. Делая опыты опыления женских индивидуумов *T. Ostenfeldii* пыльцой *T. Gabertii*, он получал исключительно женское потомство, похожее на *T. Ostenfeldii*. Опыляя женскую форму *T. paludosum* пыльцой *T. officinale*, он также получил потомство, похожее исключительно на *T. paludosum*. На основании своих работ по скрещиванию Раункиер (1903) пришел к заключению, что все виды *Taraxacum* без исключения размножаются апомиктично. По всей вероятности Раункиер действительно имел дело исключительно с партеногенетическими видами *Taraxacum*; но несомненно также, что позднее были открыты и нормальные в половом отношении виды *Taraxacum* (Розенберг, 1909; Осава, 1913; Густафсон, 1929). После опытов Раункиера по скрещиванию в роде *Taraxacum*, вопросом этим почти не занимались. Тем не менее нам представляются весьма интересными и необходимыми дальнейшие постановка и углубление опытов по межвидовой гибридизации в роде *Taraxacum*, так как эти опыты могут помочь нам подойти к разрешению проблемы причин апомиксиса и установлению путей эволюции этого рода. В настоящее время мы приступили к этой работе, результаты которой будут опубликованы особо.

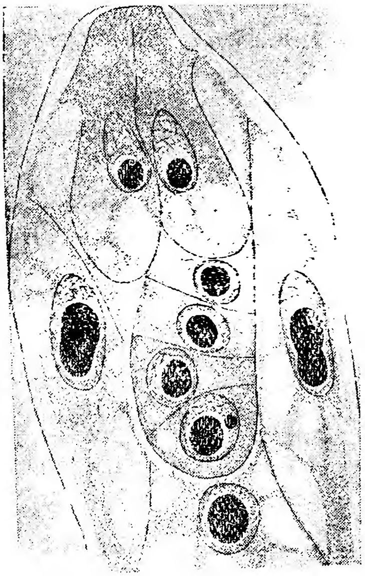


Рис. 33. Четырехклеточный зародыш и две неразрушившиеся синергиды у *T. hybernum*. × 1000

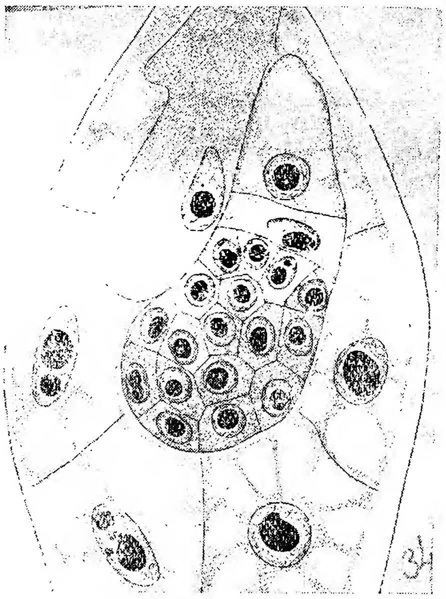


Рис. 34. Многоклеточный зародыш и эндосперму *T. hybernum*. × 1000

Что касается типа апомиксиса, то у всех исследовавшихся нами партеногенетических видов *Taraxacum*, как и у ранее исследованных другими авторами (Розенберг, 1909—1930; Осава, 1913; Густафсон, 1932—1935) обнаружен нередуцированный партеногенез типа *Taraxacum*, т. е. развитие зародыша без оплодотворения из нередуцированной яйцеклетки, при условии „выпадения редукционного деления“ при образовании диады макроспор, развития диплоидного зародышевого мешка из нижней клетки диады макроспор и почти полной потери способности функционирования у пыльцы.

Этот тип нередуцированного партеногенеза, впервые открытый в роде *Taraxacum*, благодаря чему он и получил свое название, в настоящее время обнаружен в ряде других родов, как близких к роду *Taraxacum*—относящихся к одному и тому же семейству, так и далеких от него — относящихся к другим семействам. Так, например, этот тип партеногенеза обнаружен в близком к *Taraxacum* роде *Chondrilla* (Розенберг, 1912; Поддубная-Арнольди, 1933), в более далеком, но также относящемся к семейству *Compositae* — *Ixeris dentata* (Окабе, 1932)—в далеких от *Taraxacum* представителях других семейств рода *Burmannia* (Эрнст, 1909), *Wikstroemia* (Винклер, 1904), *Balanophora* (Кувада, 1928), *Alnus rugosa* (Woodworth, 1930).

Полученные нами цито-эмбриологические данные подтвердились данными кастрации: у *T. kok-saghyz*, *T. nutans*, *T. multiscaposum* после кастрации семена не завязались, у *T. hybernum*, *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. laevigatum*, *T. officinale*, *T. montanum* и др. после кастрации обнаружено завязывание семени, причем процент выполненности семян при кастрации почти не отличался от такового при свободном цветении, что указывает на наличие здесь не частичного, а полного партеногенеза.

ТАБЛИЦА 4

Название вида	Место нахождения	Кастрированные корзинки				Свободное цветение			
						Некастрированные корзинки			
		число корзинок	число выполненных семян	число пустых семян	процент выполненных	число корзинок	число выполненных семян	число пустых семян	процент выполненных
T. hybernum .	Никита	30	1 538	102	96,78	34	1 802	72	96,1
T. „ .	Гурзуф	60	2 342	538	81,32	43	941	221	81
T. „ .	Симеиз	50	2 237	271	89,19	4	190	16	92,23
T. „ .	Моск. бот. сад	80	3 833	167	95,83	85	4 221	191	95,48
T. microspermum . . .	Кегенск. р-н	3	398	17	95,9	3	334	12	96,53
T. robustum .	„ „	5	894	18	98,6	5	878	16	98,2
T. laevigatum	„ „	5	621	15	97,67	5	605	22	96,49
T. officinale .	Моск. бот. сад	10	994	68	93,59	10	1 324	90	93,63
T. kok-saghyz	Кегенск. р-н Сары-Джас	00	0	0	0	100	3 891	105	97,3
T. „ „	Моск. бот. сад	150	0	0	0	50	2 000	60	97,0
T. multiscaposum . . .	Кегенск. р-н	25	0	0	0	25	1 292	30	97,7

Полная кастрация, или агаметизация, по терминологии Остенфельда (1900), производилась при помощи срезания бритвой „Жилет" верхней половины бутонов, готовых распуститься (метод, впервые примененный Раункиером).

Приводим таблицу (стр. 286), с данными по кастрации некоторых исследованных нами видов *Taraxacum*.

Общие выводы

Род *Taraxacum* привлекал к себе неоднократно внимание ряда исследователей, благодаря чему в настоящее время изучены многие представители этото рода. Однако благодаря наличию большого числа видов в роде *Taraxacum*, род этот в целом и до настоящего времени исследован далеко не полно и не всесторонне. Наиболее интересными работами по цито-эмбриологии ряда представителей *Taraxacum* являются, по нашему мнению, работы Шкорбатова (1910), Осава (1913) и Густафсона (1932—1935). Последним автором исследовано довольно много видов *Taraxacum*, принадлежащих к разным секциям рода, причем им установлено, что в этом роде, так же как и в других родах, где обнаружен партеногенез, например *Rosa* [Текхольм, (Täckholm), 1922], *Potentilla* [Мюнтцинг (Müntzing), 1931], *Poa* (Мюнтцинг, 1932), *Hieracium* (Розенберг, 1908, 1917, 1927; Христоф и Попов, 1933), *Antennaria* [Юэль, 1900; Стеббинс (Stebbins), 1932], *Chondrilla* (Поддубная-Арнольди, 1933), имеются полиплоидные отношения чисел хромосом, что подтверждают и наши данные (табл. 3). Основное число хромосом в роде *Taraxacum* четное, равное 8, поэтому в этом роде обнаружены только четные кратные отношения, 16, 24, 32, 40 в отличие нечетных кратных отношений наряду с четными в некоторых других родах с партеногенетичными видами (*Hieracium*, *Chondrilla*, *Erigeron*, *Eupatorium* и др.), у которых основное число нечетное. У *Hieracium* основное число, равное 9 (Розенберг, 1908, 1917, 1927; Христоф и Попов, 1933; Густафсон Альтон, 1933) у *Chondrilla*—5 (Поддубная-Арнольди, 1933), у *Erigeron*—9 [Гольмгрен (Holmgren), 1919], у *Eupatorium*—17 (Гольмгрен, 1919), *Rosa* (Тэкхольм, 1922)—7 и т. д., поэтому у *Hieracium* обнаружен ряд: 18, 27, 36, 45 и т. д., у *Chondrilla*—10, 15, 20, у *Ergeron*—18, 27, у *Eupatorium*—34, 51, у *Rosa*—14, 28, 35, 42.

В настоящее время различными авторами (включая и полученные нами данные) исследовано около 50 видов *Taraxacum*, из них 8 оказались диплоидами (2n = 16), остальные — полиплоидами (3n=24, 4n = 32, 5n = 40, 6n = 48. . .). Из числа диплоидных видов *Taraxacum* 29 видов оказались триплоидами (3n=24), 8 видов — тетраплоидами (4n = 32), 4 вида — пентаплоидами (5n = 40) и 1 вид, повидимому, гексаплоидом (6n = 48). Таким образом мы видим, что среди полиплоидных видов *Taraxacum* преобладают триплоиды. Преобладание триплоидов характерно и для других родов, где обнаружен партеногенез.

По данным Поддубной-Арнольди (1933), из 8 партеногенетических видов *Chondrilla* 7 оказались триплоидами (3n = 15) и 1—тетраплоидом (4n = 20). В родах *Hieracium*, *Erigeron*, *Eupatorium* и др., по данным Розенберга (1908, 1917, 1927), Христофа и Попова (1923), Густафсона Альтона (1933), Гольмгрена (1919) и др., большинство партеногенетических видов является триплоидами. Розенберг (1917, 1927) и Гольмгрен (1919), которым были известны лишь триплоидные партеногенетические виды *Hieracium*, *Eri-*

geron и *Eupatorium*, высказывали гипотезу, согласно которой триплоидия является следствием гибридизации и обнаруживает склонность к партеногенезу; триплоидные виды *Hieracium*, *Erigeron* и *Eupatorium* они рассматривали как гибриды между ди- и тетраплоидными родителями. Винклер (1920) критиковал гипотезу Розенберга и Гольмгрена и указывал на то, что триплоидия не связана ни с гибридизацией, ни с партеногенезом, а возникла она либо вследствие диспермии, либо вследствие соединения гаплоидной и диплоидной гамет одного и того же вида. Говорить о том, что именно триплоидия имеет склонность к партеногенезу, нет оснований, так как партеногенез в настоящее время обнаружен не только у триплоидных, но также и у тетра-, пента-, гекса- и других полиплоидных видов, и так как многие триплоиды вовсе не являются партеногенетически размножающимися. Но мы не видим оснований для возражений на то, что триплоидия связана с гибридизацией; наоборот, имеется много данных в пользу именно этого предположения, так как экспериментальным путем уже во многих родах получены триплоиды от скрещивания ди- и тетраплоидных видов между собой. Однако ни у одного из полученных экспериментальным путем триплоидных гибридов пока не было обнаружено партеногенеза. Чем объясняется преобладание триплоидов во многих родах, где обнаружен партеногенез, пока сказать трудно. Возможно, что у триплоидов, возникающих благодаря скрещиванию между собой различно-хромосомных видов и имеющих поэтому большие нарушения в половой сфере, создаются более благоприятные условия для выяснения фактора партеногенеза в тех случаях, когда в роде имеется склонность к этому типу размножения.

Считаем необходимым подчеркнуть здесь, что как по нашим данным, так и по данным других авторов, исследовавших различные виды *Taraxacum*, все до сих пор исследованные полиплоидные виды этого рода имели нередуцированный партеногенез типа *Taraxacum* все же диплоидные виды — нормальное половое размножение. У видов *Taraxacum*, с нередуцированным партеногенезом, последний обычно не частичный, а полный; биотипов с нормальным половым размножением у этих видов не обнаружено.

У других родов, например у *Rosa* (Тэкхольм, 1922), *Antennaria* (Юэль, 1900; Стеббинс, 1932), *Potentilla* (Мюнтцинг, 1931); *Hieracium* (Розенберг, 1927; Густафсон Альтон, 1932; Христоф и Попов, 1933), *Chondrilla* (Поддубная-Арнольди, 1933), партеногенез также тесно связан с полиплоидией: нормальные виды оказались диплоидами, а партеногенетические — полиплоидами.

Многие ученые указывали на связь между партеногенезом и числом хромосом. Давно отмечалось, что у многих партеногенетичных видов число хромосом больше, чем у нормальных в половом отношении видов. На основании этого, Страсбургер (1916) утверждал, что увеличение числа хромосом вызывает овоапогамию. Однако некоторые партеногенетические виды: *Zephyrantes texana* (Pice, 1913), *Potentilla argentea* (Мюнтцинг, 1928) имеют такое же число хромосом, как и нормальные в половом отношении диплоидные виды.

Как мы видели, в роде *Taraxacum* преобладающим способом размножения является нередуцированый партеногенез, так как из 50 исследованных видов *Taraxacum* этот способ размножения обнаружен у 42 видов. Широкое распространение в роде *Taraxacum* партеногенетического размножения значительно затруднит и ограничит работу по гибридизации *T. kok-saghyz* с другими видами *Taraxacum*, так как среди нормальных в половом отношении видов может мало найтись интересных для скрещивания объектов.

Выше нами уже было отмечено, что систематика рода *Taraxacum* очень мало разработана, что очень затрудняет работу с этим родом. Существующие в настоящее время две системы рода *Taraxacum* (одна предложенная Хандель-Мацетти в 1907 г., другая — Дальштедтом в 1923 г.) мало сравнимы друг с другом, так как авторы различно понимали вид. Хандель-Мацетти брал вид в более широком понимании, чем Дальштедт, поэтому последний многие виды Хандель-Мацетти разбил на ряд видов, кроме того им описано немало совершенно новых видов; благодаря этому, по Дальштедту, число видов *Taraxacum* превышает 100, по Хандель-Мацетти же насчитывается всего 57 видов.

Ввиду запутанности систематики рода *Taraxacum* казались особенно важными цито-эмбриологические исследования этого рода, так как они могли пролить свет на разрешение ряда вопросов, связанных с систематикой. Однако данные по цитологии и эмбриологии рода *Taraxacum* пока мало помогают разобраться в этом сложном полиморфном роде, так как у видов этого рода трудно подметить индивидуальность хромосом и найти сходство и различие в форме хромосом различных видов, а то разнообразие чисел хромосом и типов размножения (половое, партеногенез при наличии образования пыльцы, партеногенез при наличии одних женских индивидуумов), которое имеется в этом роде, не связано с той или иной секцией.

Разные секции здесь могут иметь разные числа хромосом и типы размножения и, наоборот, в пределах одной и той же секции могут быть обнаружены различные числа хромосом и типы размножения. По данным Густафсона (1932—1935), придерживавшегося системы рода, данной Дальштедтом, секции *Vulgaria* и *Palustria* являются триплоидными (3n = 24), *Ceratophora* в основном также триплоидная, но частично тетраплоидная (4n = 32), *Spectabilia* в основном тетраплоидная, но частично пентаплоидная (5n = 40).

Правда, вопрос о секциях рода *Taraxacum* не может считаться решенным; вполне возможно, что секции, предложенные Хандель-Мацетти и Дальштедтом, весьма искусственны, и виды, относимые ими к одной и той же секции, в действительности не являются родственными. Однако, пользуясь цито-эмбриологическими данными, пока совершенно невозможно дать более естественную и вообще какую бы то ни было классификацию рода *Taraxacum*, невозможно решить вопрос о принадлежности разных видов к той или иной секции.

В нашей работе, по вполне понятной причине, нас особенно интересовало систематическое положение *T. hybernum* и *T. kok-saghyz* по Хандель-Мацетти. *T. hybernum* относится к секции *Scariosa*. К этой же секции С. Ю. Липшиц (1932) относил и *T. kok-saghyz*. Родин (1933) *T. kok-saghyz* относил к секции *Ceratophora* в смысле Дальштедта (по монографии Хандель-Мацетти, Родин должен был бы *T. kok-saghyz*, очевидно, отнести к секции *Borealia*, так как *T. ceratophora* по этой монографии относится к *Borealia*). Из вышесказанного ясно, что в вопросе о систематическом положении *T. kok-saghyz* между систематиками нет единогласия, что лишний раз подчеркивает запутанность и неразработанность систематики этого рода. Оправдывается ли с цито-эмбриологической точки зрения отнесение *T. hybernum* и *T. kok-saghyz* к одной и той же секции (например к секции *Scariosa*) или их следует отнести к разным секциям и к каким именно—мы не можем пока сказать, отчасти благодаря недостаточно полной изученности рода *Taraxacum* как в систематическом, так и в цито-эмбриологическом отношениях, отчасти ввиду ограниченности значения цито-эмбриологических данных для систематики *Taraxacum*.

С систематикой тесно связаны вопросы филогении и видообразования, но и эти вопросы в роде *Taraxacum*, несмотря на наличие цито-эмбриологических данных, не могут пока получить должного освещения. Многие авторы, в том числе и Густафсон (1932), отмечали неоднократно большой полиморфизм в роде *Taraxacum* и пытались найти объяснение этому явлению. Полиморфизм не только широко известен для *Taraxacum*, он известен также и для многих других родов, где обнаружен партеногенез, например для родов *Hieracium*, *Chondrilla*, *Antennaria*, *Rosa*, *Alchemilla* и др. По мнению Остенфельда (1910) и Тэкхольма (1922), богатство формы в родах *Hieracium* и *Rosa* объясняется следующим образом: в результате гибридизации в этих родах возникли партеногенетически размножающиеся гибриды, которые затем претерпели процесс вегетативного мутирования [Bud-mutation—по терминологии Остенфельда (1910), или Embryomutation—по терминологии Тэкхольма (1922)]; благодаря этим процессам в обоих родах возникло много новых наследственных форм. По мнению указанных авторов, благодаря гибридизации, с одной стороны, и возникновению вегетативных мутаций у партеногенетически размножающихся гибридов—с другой, возник полиморфизм не только в родах *Hieracium* и *Rosa*, но, по всей вероятности, и в других родах, где обнаружен партеногенез, в частности и в роде *Taraxacum*. Остенфельд (1919) во многих своих работах ярко подчеркивал, как велико значение апомиксиса для закрепления полиморфизма. Он говорил: „Apogamy does not produce polymorphism, but if once numerous micro-species are present it deeps then alive in exactly the same way, as vegetative propagation preserves the existing races of many of our cultivated plants". На эту роль апомиктически размножающихся растений первый указал еще Мурбек (1897).

По мнению Густафсона (1932), полиплоидные виды *Taraxacum* возникли в результате гибридизации и являются аллополиплоидами. Возможно, что в роде *Taraxacum* существовали раньше, а может быть существуют и теперь нормальные в половом отношении тетраплоидные виды, которые при скрещивании с нормальными диплоидными и нормальными тетраплоидными образовывали три-, тетра- и вообще полиплоидные виды, размножающиеся партеногенетически. Однако, по мнению Густафсона (1932), процесс видообразования в роде *Taraxacum* не исчерпывается одной лишь гибридизацией; наряду с последней в этом роде происходило также возникновение генных мутаций (Gen-Blok-mutation). Таким образом первичной гибридизацией, явившейся причиной полиплоидии и последующим возникновением генных мутаций, при условии закрепления новых форм путем партеногенеза, обусловлен, по мнению Густафсона, тот большой полиморфизм, который с давных пор известен для рода *Taraxacum*. Густафсон (1932) древней секцией рода *Taraxacum* склонен считать *Spectabilia*, так как в этой секции обнаружены тетраплоидные партеногенетические виды *Taraxacum*, и можно предполагать, что именно в этой секции существовали, а может быть существуют и теперь, нормальные в половом отношении тетраплоидные виды наряду с нормальными в половом отношении диплоидными видами. Все остальные формы (особенно это касается триплоидов) могли произойти, по мнению Густафсона, путем скрещивания нормальных тетраплоидных видов *Spectabilia* с исходными диплоидными видами также древней секции *Vulgaria*.

Однако все эти соображения, ввиду недостаточного систематического, цитологического и особенно экспериментального исследования рода *Taraxacum*, как и других родов, где обнаружен партеногенез, является пока слабо обоснованными.

По нашему мнению, пока нет достаточно убедительных данных для того, чтобы говорить о филогенетических взаимоотношениях в этом роде; тем не менее цитологические данные с большой долей вероятности указывают на значение гибридизации для возникновения партеногенеза и полиплоидии в этом роде.

Не раз отмечалось, что между гибридизацией и партеногенезом существует тесная связь. Подобное мнение впервые высказывалось Страсбургером (1904) и Юэлем (1910), но нечетко, непоследовательно. Более определенно в этом направлении высказывался Розенберг (1908), который в работе над *Hieracium* доказывал, что партеногенез у различных видов этого рода возник вследствие гибридизации. Однако только Эрнст (1917) и независимо от него Винге (Winge, 1917), выдвинули стройную гибридную гипотезу, согласно которой различные формы бесполого размножения являются непосредственным следствием гибридизации. Позднее Гольмгрен (1919) в своей работе над *Eupatorium* и *Erigeron* склонялся к мысли, что партеногенез у обоих этих родов является следствием гибридизации. Винклер (1920) не соглашался с Эрнстом и другими в том, что между гибридизацией и апомиксисом существует причинная связь, и что гибридизация является единственной причиной этого способа размножения. Причиной партеногенеза, по мнению Винклера, является склонность к такому типу размножения, которая характерна для определенных видов и родов и имеется до скрещивания, гибридизация лишь создает благоприятные условия для его проявления. Склонность к апомиксису может, по мнению Винклера, проявиться не только под влиянием гибридизации, но и под влиянием внешних факторов. Изменение в питании и вообще изменение физико-химических условий существования организма и воздействие на генеративные органы X-лучей, радия, наркотиков, паразитов и т. д. — все это может вызвать замену полового размножения той или иной формой бесполого. Весьма интересны работы Габерландта (1921—1923), который возникновение апомиксиса объяснял действием некрогормонов. Он утверждал, что под влиянием гибридизации, при которой соединяются неродственные друг другу идиоплазмы у различных апомиктичных видов, в том числе и у видов *Hieracium* и *Taraxacum*, возникла частичная или полная дегенерация не только генеративных, но и вегетативных клеток (например клеток нуцеллюса интегументов и т. д.), что привело к образованию некрогормонов, которые вызвали выпадение мейозиса и заставили диплоидную яйцеклетку делиться без оплодотворения. Возникновение других форм апомиксиса: апоспории, нуцеллярной эмбрионии и т. д., по мнению Габерланда, также объясняется действием некрогормонов. Шнарф (1929), подобно Винклеру (1920), полагал, что гибридизация не является причиной апомиксиса, а является лишь одним из условий, вызывающих проявление наследственной склонности к разным формам этого размножения, существующей еще до скрещивания. Остенфельд утверждал, что тенденция к апомиксису содержится в гаметах, как наследственный фактор.

Мы присоединяемся к тем исследователям (Густафсон, 1932—1935· Бергман, 1934, и др.), которые считают, что апомиксис является наследственным признаком, по всей вероятности обусловленным особыми генами.

Однако до настоящего времени почти нет экспериментальных работ, которые могли бы подтвердить те или иные предположения. За исключением Остенфельда (1921), никто пока не получил искусственного гибрида с апомиктическим способом размножения. Остенфельд же (1921) путем скрещивания частично партеногенетических видов *Hieracium* с нормальными получил апомиктически размножающийся гибрид. Однако эти данные требуют дальнейшего углубления и подтверждения. В настоящее время ряд исследователей приступил к экспериментальному изучению вопроса апомиксиса в ряде родов *Hieracium*, *Antennaria*, *Taraxacum* и др., и мы можем надеяться, что в результате этих работ будет найдено действительное объяснение этому интереснейшему явлению.

Перейдем теперь к тем основным выводам, которые необходимы для селекционеров.

Само собой разумеется, что для *T. kok-saghyz*, как растения перекрестноопыляемого, нормального в половом отношении, должны быть применены обычные для таких растений методы селекционной работы, для *T. hybernum*, как растения партеногенетически размножающегося, должны быть применены иные методы.

Наличие у *T. kok-saghyz* нормального полового размножения позволяет широко использовать для этого каучуконоса методы инцухта, внутривидовых и межвидовых скрещиваний и экспериментального получения мутаций.

Эти методы могут дать в руки селекционера мощное орудие для создания новых наследственных ценных для хозяйства форм.

В лице *T. hybernum* селекция впервые сталкивается с растением партеногенетически размножающимся, поэтому работа с ним является новой, отличающейся от таковой с перекрестноопыляемыми, самоопыляющимися и вегетативно размножающимися. Присутствие партеногенеза у *T. hybernum*, с одной стороны, положительное, с другой — отрицательное для селекции явление. Положительным оно является потому, что выделенные формы будут отличаться константностью, не будут давать расщепляющегося потомства, и селекционер может быть уверенным в однородности выделенной им формы, кроме того потому, что неблагоприятные внешние условия (недостаток насекомых, неблагоприятная погода во время цветения и т. д.), затрудняющие опыление и оплодотворение у нормальных в половом отношении видов, не мешают партеногенетическим видам размножаться с обычной для них интенсивностью. Отрицательным же оно является потому, что ограничивает работу селекционера по созданию новых форм, а также потому, что партеногенетические виды генотипически мало изменчивы, и внутри их можно ожидать небольшой полиморфизм.

Невозможность получения у *T. hybernum* форм путем инцухта, а также путем внутривидовых и межвидовых скрещиваний заставляет селекционера итти главным образом не по линии новых форм, уже существующих в природе. Невозможность применения метода инцухта и скрещиваний делает особенно актуальным применение к нему метода экспериментального получения мутаций путем воздействия различных реагентов и, прежде всего, Х-лучей.

Однако и применение метода искусственного получения мутаций здесь ограничено, так как благодаря партеногенезу устранена возможность воздействия на ряд стадий (например на мейозис при образовании пыльцы, так как последняя здесь является не функционирующей, на оплодотворение, потому что оно здесь отсутствует, и т. д.). Широкое распространение партеногенеза в роде *Taraxacum* суживает границы работ по скрещиванию *Taraxacum kok-saghyz* с другими видами *Taraxacum*, так как среди небольшого ассортимента с нормальным половым размножением может оказаться немного интересных для скрещивания объектов.

Заключение

1. *T. kok-saghyz*, *T. multiscaposum*, *T. nutans* и *T. vernale* (Атабаево) являются диплоидными видами *Taraxacum*, так как имеют 2n = 16. Развитие пыльцы и зародышевого мешка у них протекает нормально. Зародыш и эндосперм образуются после оплодотворения. *T. kok-saghyz*, по преимуществу, перекрестноопыляемое растение.

2. *T. hybernum*, *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. retroflexum*, *T. montanum* являются полиплоидными видами *Taraxacum*; *T. hybernum* — тетраплоид (4n = 32); *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. retroflexum* — триплоиды (3n = 24); *T. montanum* — пентаплоид (5n = 40). Пыльца у этих видов либо развивается ненормально, и больший или меньший процент ее дегенерирует, либо пыльца совсем не развивается (*T. laevigatum*). При образовании зародышевого мешка выпадает редукционное деление, вследствие чего вместо тетрады образуется диада макроспор, а все ядра в зародышевом мешке имеют нередуцированное число хромосом.

Зародыш возникает без оплодотворения из нередуцированной диплоидной яйцеклетки. Эндосперм также образуется без оплодотворения, причем образование зародыша и эндосперма происходит и до распускания цветка. Таким образом у этих видов обнаружен нередуцированный партеногенез типа *Taraxacum*.

3. Разные способы размножения у *T. kok-saghyz* и *T. hybernum* указывают на необходимость применения к ним и разных методов селекционной работы.

Литература.

1 Bannier J. T. Untersuchungen über apogame Fortpflanzung bei einigen elementaren Arten von *Erophila verna*. Rec. trav. bot. Neerl. 20, 1935. — 2. Bergman B. Zytologische Studien über sexuelles und asexuelles *Hieracium umbellatum*. Hereditas XX, 1935. — 3. Bergman B. Zur Kenntnis der Zytologie der Skandinavischen *Antennaria*-Arten, Hereditas XX, 1935. — 4. Buchholz J. and Blakslee A. Pollen-tube growth at various temperatures. Amer. Journ. Bot. 14, № 7, 1924.—5. Carino E. L'*Erigeron Karwinskianus* var. *mucronatus* apogamo. Rendic. acc. Zinesi. Ser. 5. 28, 1919. — 6. Carino E. Nuove ricerche sulla embryologia della *Asteraceae*. Ann. di Bòt. 15, 1921. — 7. Chiarugi A. Aposporia e apogamia in *Artemisia nitida*. Nuovo giorn. Bot. Ital. N. S. 33, 1926. — 8. Chiarugi A. e Francini E. Apomissia in *Ochna serrulata*. Walp. Nuovo Giorn. Bot. Ital. N. S. v. XXXVII, 1930. — 9. Christoff M. und Popoff A. Cytologische Studien über die Gattung *Hieracium*. Planta, Bd. 20, Heft 3, 1933.— 10. Cooper. Macrosporogenesis and embryology of *Melilotus*. Bot. Gaz., v. XCV, № 1, 1933.— 11. Dahlgren O. V. Die Befruchtungserscheinungen der Angiospermen. Hereditas X. 1927. — 12. Darlington C. D. Recent advance in Cytologie. Churchill, 1933. — 13. Eichler K. Ueber die doppelte Befruchtung bei *Tragopogon orientalis*. Sitzb. Akad. Wien. math.-mat. R. 1. 115, Abt. 1. 1906. — 14. Ernst A. Bastardierung als Ursache der Apogamie im Pflanzenreich, Jena, 1918.—15. Finn W. Zur Geschichte der Entdeckung der doppelten Befruchtung. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellschaft, Bd. XLIX. Heft 3, 1931.— 16. Gerasimova H. Fertilisation in *Crepis capillaris*. La Cellule, XLII, 1928.— 17. Glischic L. Development of the Female Gametophyte and Endosperm in *Haberlea*

rhodopensis. Friv. Bullet. de l'Institut et du Jard. Bot. Université de Belgrad. T. 1. 1928.—18. Gourgenova M. Fertilization in *Phelipaea ramosa* C. A. M. (russ.). S. G. Navaschin's jubilee volume Moskou., 1928.— 19. Gustafson Ake. Zytologische und experimentelle Studien in der Gattung *Taraxacum*. Hereditas XVI, 1932. — 20. Gustafson Ake. Spontane Chromosomenzahlerhöhung in Pollenmutterzellen und die damit verbundene Geminibildung. Hereditas XVII, 1932.— 21. Gustafson Ake. Ueber die Teilung der Embryosackmutterzelle bei *Taraxacum*. Bot. Notis. Lund, 1933. — 22. Gustafson Alton. Cytological studies in the genus *Hieracium*. Bot. Gaz., v. XCIV, Nr. 3.— 23. Gustafson Ake. Die Entwicklungswege der parthenogenetischen E. M. Z. Bot. Not., 1934. —24. Gustafson Ake. Studies on the mechanism of parthenogenesis. Hereditas, XXI. 1935.—25. Haberlandt G. Die Entwicklungserregung der Eizellen einiger parthenogenetischen Kompositen. Sitzungsber. d. Preuss. Akad. Wiss., 40. 1920.—26. Haberlandt G. Ueber die Ursache des Ausbleibens der Reduktionsteilung in den Samenanlagen einiger parthenogenetischer Angiospermen. Sitzungsber.. Preuss. Akad. d. Wiss. 1923.—27. Handel-Mazzetti H. Monographie der Gattung *Taraxacum*. Wien, 1907.— 28. Holmgren J. Zytologische Studien über die Fortpflanzung bei der Gattung *Erigeron* und *Eupatorium*. Sv. Vet. Akad. Handl., Bd. 59, Nr. 7, 1919. — 29. Ikeno. Sind alle Arten der Gattung *Taraxacum* parthenogenesisch? Ber. Deutsch. Ges. Bd. 28, 1910.—30. Juel O. Vergleichende Untersuchungen über typische und parthenogenetische Fortpflanzung bei der Gattung *Antennaria*. K. Sv. Vet. Ak. Handl., Bd. 33, 1900.—31. Juel O. Die Tetradenteilung bei *Taraxacum* und anderen *Cichorieen*. K. Sv. Ak. Handl. Bd. 39. 1906.—32. Jost L. Ueber die Selbststerilität einiger Blüten. Bot. Zeit. 65. 1907.—33. Karpechenko G. D. Polyploid Hybrids of *Raphanus sativus* L.× *Brassica oleracea* L. Bullet. of Appl. Bot. of Genetics and Plant-exceeding. Vol. XVII. 1927.—34. Kokiewa E. The development of the Female Gametophyte in *Parthenium argentatum* G. Journ. Bot. de l'URSS, v 17. 1932—35. Kuwada. An occurance of restitution-nuclei in the formation of the Embryosacs in *Balanophora japonica*. Bot. Mag. Tokyo, v. 42, 1928.—36. Land W. Double fertilization in *Compositae*. Bot. Gaz. 50. 1900.— 37. Mützing A. Note on the Cytologie of some Apomictical *Potentilla* species. Hereditas, Bd. XV, 1931.—38. Mützing A. Apomictical and sexuel seed Formation in *Poa*. Hereditas, Bd. XVII. 1932.— 39. Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung *Alchemilla*. Lunds Univ. Arsskr. 36, 1901.— 40. Murbeck. Parthenogenesis bei der Gattung *Taraxacum* und *Hieracium*. Bot. Notiser, 1904.— 41. Nawaschin S. Ueber die Befruchtungsvorgänge bei einiger Dicotyledonen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 18. 1900.— 42. Nawaschin S. und Finn W. Zur Entwicklungsgeschichte der Chalazogamen *Juglans regia* und *J. nigra*. Mém. de l'Acad. imp. d. sci. de St. Pétersb. 31,9. 1913.— 43. Okabe S. Parthenogenesis bei *Ixeris dentata*. Bot. Mag. Tokyo, 46, 1932.—44. Osawa J. Studies on the cytology of some species of *Taraxacum*. Arch. f. Zellenforschung, Bd. 10, 1913.— 47. Ostenfeld G. N. Further Studies on the apogamy and hybridisation of the *Hieracia*. Zeitschr. f. ind. Abst. und Vererb. Bd. 3, 1910.—48. Ostenfeld G. Some experiments on the origin of new forms in the *Hieracium* subgenus *Archieracium*. Journ. of Gen., Bd. 11. 1921.— 49. Pace L. Apogamy in Atamosco. Bot. Gaz. 58. 1913.—50. Poddubnaja-Arnoldi W. Ein Versuch der Anwendung der embryologischen Methode bei der Lösung einigen systematischen Fragen. Beitr. z. Bot. Zentralbl. Bd. 48, Abt. 11, 1931.—51. Poddubnaja-Arnoldi W. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung bei einigen *Chondrilla*-Arten. Planta, Bd. 19, Heft I. 1933.—52. Poddubnaja-Arnoldi W. Künstliche Kultur und zytologische Untersuchung des Pollenschlauches von *Senecio plantanifolius* Benth. Planta, 19, Heft 2. 1933.—53. Poddubnaja-Arnoldi W., Steschina N. und Sosnowetz. Der Character und die Ursache der Sterilität bei *Scorzonera tau-saghyz*. Beitr. z. Bot. Zentralbl. 1934.—54. Raunkiaer C. Kimdannelse uden Befructning has Melkebötte. Bot. Tidsskr. 25, 1905.—55. Rodin L. Eine neue Art der Gattung *Taraxacum*. Acta Instituti Bot. Acad. Sci. URSS, Ser. 1. 1933.—56. Rosenberg O. Cytological Studies on the Apogamy in *Hieracium*. Bot. Tidskr. Bd. 28. 1907.—57. Rosenberg O. Ueber die Apogamie bei *Chondrilla juncea*. Sv. Bd. Tidsskr. Bd. 6, 1912.—58. Rosenberg O. Die semiheterotypische Teilung und ihre Bedeutung für die Entstehung verdoppelter Chromosomenzahlen. Hereditas, Bd. 8. H. 3. 1927.— 59. Rosenberg O. Apogamie und Parthenogenesis bei Pflanzen. Handbuch der Vererbungswiss. Bd. 11, 1930.—60. Schkorbatov L. Parthenogenetische und apogame Entwicklung bei den Blütenpflanzen. Trud. Soc. Nat. Univ. Imper. Kharkow, Bd. 45, 1912.—61. Schnarf K. Embryologie der Angiospermen. Handb. der Pflanzenanatomie. Bd. 10 1929. — 62. Schnarf K. Vergleichende Embryologie der Angiospermen. Berlin, 1931.—63. Scheewind-Thies J. Die Reduction der Chromosomenzahl und die ihr folgenden Kernteilungen in der Embryosackmutterzellen der Angiospermen. Jena, 1901.— 64. Sears P. B. Variation in cytology and grass morphology of *Taraxacum*. Bot. Gaz., Bd. 73 1922.—65. Stebbins L. Cytology of *Antennaria*. Bot. Gaz., Bd. XCIV, 1932.- 66. Suessenguth S. Ueber Pseudogamie bei *Zygopetalum Mackayi* Hook. Ber d. Deutsch. Bot. Ges. 41, 1923.— 67. Täckholm G. Zytologische Studien über die Gattung *Rosa*. Acta Horti Bergiani. Bd. VII. 1922.—68. Tschernojarov M. Les nouvelles données

dans l'embryologie de *Myosurus minimus* L. Mém. Soc. nat. Kiew, 24. 1915.—69. Trankovsky D. Zytologische Beobachtungen über die Entwicklung der Pollenschlauche einiger Angiospermen. Planta, 12, 1917.—70. Winge O. The Chromosomes, their number and general importance. C. R. des Trav. du Lab. de Karlsberg, Bd. 15, 1917.—71. Winkler H Ueber Parthenogenesis bei *Wikstroemta indica*.(L.). Cam. Ann. du Jard. Bot. du Buitenzorg, Bd, 15, 1906.—72. Winkler H. Ueber Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche. Crog. rei Bot., Bd. 2, 1909. Jena. — 73. Winkler H. Verbreitung und Ursache der Parthenogenesis im Pflanzen und Tierreich. Jena. 1920.

V. PODDUBNAJA-ARNOLDI and V. DIANOVA

Character of propagation in some species of the genus Taraxacum L.

Conclusions

1. *Taraxacum kok-saghyz* Rod., *T. multiscaposum* Schischk., *T. nutans* and *T. vernale* Schischk. (Atabayevo), are diploid *Taraxacum* species since in them 2n=16. The development of pollen and the embryo sack proceeds in them normally. The embryo and endosperm form after fertilization *T. kok-saghyz* Rod. is chiefly a crosspollinated plant.

2. *T. hybernum* Stev., *T. microspermum* Schischk., *T. robustum* Schischk., *T. retroflexum* H. Lindl., *T. montanum* (C. A. M.) DC are polyploid species. *T. hybernum* is a tetraploid (4n=32), *T. microspermum*, *T. robustum*, *T. retroflexum* are triploids (3n=24), *T. montanum* (C. A. M.) DC is a pentaploid (5n=40) In these species the pollen either develops abnormally, a higher or lower percentage of it degenerating or it does not develop at all [*T. laevigatum* (Willd.) DC]. When the embryo sack is formed the heterotypical division is suppressed and therefore instead of a tetrad a diad of macrospores is produced, all the nuclei in the embryo sack having the unreduced chromosome number.

The embryo arises without fertilization from the unreduced egg-cell. The endosperm also forms without fertilization. Thus in these species unreduced partenogenesis of the *Taraxacum*-type has been discovered.

3. The difference in the mode of propagation in *T. kok-saghyz* and *T. hybernum* indicates the necessity of applying to them different methods of selection work.

ТОМ 22 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР 1937 № 3
TOME 22 JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS 1937 № 3

С. П. СМЕЛОВ[1]

Вегетативное возобновление луговых злаков

С 20 рисунками

(Получено 15/III 1937)

Вегетативное возобновление луговых и пастбищных трав имеет выдающееся значение для урожая наших сенокосов и пастбищ.

Применяемые приемы использования кормовых угодий — сенокошение и, тем более, пастьба скота, исключают или сильно ограничивают возможность семенного возобновления, и всякий раз, после отчуждения кормовой массы, ее восстановление происходит вегетативным путем. Преобладающая роль вегетативного возобновления на естественных кормовых угодьях многократно подчеркивалась целым рядом исследователей и для некоторых типов лугов доказана точными наблюдениями.

Такие наблюдения проведены проф. А. П. Шенниковым и Е. П. Баратынской (1), И. Д. Гиэнеф-Богдановской (2). Исследованиями последнего автора установлено:

1. Число проростков, развившихся из семени, в луговом ценозе к началу лета может быть и значительным, но далее, к осени, оно сильно уменьшается. Еще более ограниченное количество молодых растений переживает зиму.
2. Развитию новых растений препятствует, главным образом, не наземная, а корневая конкуренция и, чем далее зашел в своем развитии дерновой процесс, тем меньшее количество растений возобновляется из семени.
3. Оставление растительного покрова без срезания до полного обсеменения не сопровождается увеличением количества молодых растений, развившихся из семени; наблюдается определенная ограниченная емкость ценоза в отношении таких растений.

Малое распространение проростков из семян на естественных кормовых угодьях отмечают также В. Н. Хитрово (3), Л. Г. Раменский (4), Чипиндале и Мильтон (H. G. Chippindale and W. E. Milton) и др. (5). В изучении явлений вегетативного возобновления, как наиболее важные, определяются следующие вопросы:

а) большой цикл жизни особи, разумея под этим жизнь побега, развившегося из семени, и всю совокупность последующих поколений побегов, образующихся вегетативно;

---

[1] Тема разработана и написана руководителем работ С. П. Смеловым. Экспериментальная часть выполнена старшим научным сотрудником А. Ф. Любской и младшим научным сотрудником О. Ф. Фармаковской под непосредственным руководством С. П. Смелова.

б) малый цикл жизни особи—или жизнь отдельного побега;

в) реакция многолетнего растения на срезание;

г) возобновление многолетнего растения после зимовки;

д) запасные пластические вещества и их значение для вегетативного возобновления многолетнего кормового растения.

Необходимо указать на малую разработанность в литературе всех этих вопросов. Основные, известные нам работы применительно к многолетним злакам приводятся в списке литературы.

Наряду с работами акад. Вильямса здесь следует отметить монографический очерк Эванса (Evans, 6) о тимофеевке (1927), о ней же работу Уотерса [Waters, 7, 1915], Нушимура (Nuschimura, 8) о луговом мятлике, тимофеевке и др. (1923), фундаментальные работы Агнесы Арбер [Agnes Arber, 9 (1934)] и Кирхнер, Лёв и Шретер [Kirchner, Loew, Schröter, 10 (1914)].

В последние годы в американской литературе появилось немало работ по изучению динамики запасных пластических веществ, особенно в отношении люцерны [Грабер, Нельсон (Albert Graber, Leukel Nelson), 11; 1927] и др.

Наша работа касается явлений вегетативного возобновления у луговых злаков.

У многолетних злаков при вегетативном возобновлении побег развивается из почки в области укороченных междоузлий. Только у немногих злаков (Кирхнер, Лёв и Шретер, 10), как вейник ланцетный, канареечник и некоторые другие, в побеге могут развиваться и почки в основании удлиненных междоузлий.

Учитывая это обстоятельство в вегетативном возобновлении злаков, мы должны различать следующие основные этапы: 1) формирование укороченных междоузлий; 2) формирование почек; 3) развитие почки в вегетативный побег; 4) развитие вегетативного побега в генеративный побег.

Эти этапы развертываются один за другим, в последовательном порядке, под влиянием сложного взаимодействия внутренних и внешних факторов развития. Длительность этапов различна, и все вместе они определяют ритм развития побега, специфически выявляющийся для различных видов луговых трав и отдельных более мелких таксаномических единиц. Полное раскрытие этого ритма и факторов, его обусловливающих, составляет большую сложную задачу.

В настоящей работе мы ограничиваемся анализом динамики новообразования побегов или, иначе говоря, явлений кущения так, как они выступают перед нами в своих наиболее простых, наиболее доступных для наблюдения формах.

На основании наших одногодичных материалов мы дадим некоторое освещение следующих вопросов:

1. Динамика побегообразования у злаков различного биологического типа (в ненарушенном состоянии растения).
2. Влияние среза на побегообразование.
3. Динамика побегообразования при срезании по типу сенокосного использования.
4. Динамика побегообразования при срезании по типу пастбищного использования.

Объектами изучения были:

тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.), лисохвост луговой, (*Alopecurus pratensis* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), ежа (*Dactylis glomerata* L.).

Наблюдение и экспериментирование проводились на отдельных фиксированных кустах и на небольших площадках; при этом в соответствии с задачами эксперимента, в различные моменты роста производились точный подсчет побегов, измерение их высоты, определение веса и т. д. По каждому вопросу для учета и анализа было использовано несколько сот побегов с колебанием от 100—150 до 900. Материалом для работы служили растения четырехлетнего возраста, на опытных луговых участках Института кормов.

Тип местообитания — наводораздельная западина, с присущими ей показателями: неустойчивым водным режимом, значительной выщелоченностью и оподзоленностью почв, с выраженной кислой реакцией и быстрым развитием дернового процесса.

Проведены сопутствующие наблюдения:

а) над динамикой влажности почв по горизонтам, с поверхности до глубины 50 см;

б) над динамикой почвенных температур до глубины 15 см, на глубине 0, 2, 5, 10 и 15 см;

в) определялась скважность почвы.

I. Динамика побегообразования у злаков различного биологического типа в ненарушенном состоянии растения

Подсчет числа побегов по фенофазам у луговых злаков различного биологического типа, а именно у злаков с зимующими и не зимующими листьями (тимофеевка луговая и костер безостый), быстрым и медленным развитием в вегетационный период (лисохвост луговой, тимофеевка луговая), позволил установить следующую картину (рис. 1):[1]

Количество побегов по фенофазам в процентах к первому подсчету 27/IV

Фенофазы / Названия растений	Весеннее пробуждение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Плодоношение	Отмирание генеративных побегов	Окончание роста
Тимофеевка луговая	100	167	138	144	178	299	241
Костер безостый	100	358	365	319	331	653	584
Лисохвост луговой	100	100	121	130	121	119 (25/VII) 93 (25/VIII)	161

Приведенный материал показывает, что:

1. У каждого вида количество побегов в течение вегетационного периода подвержено большим колебаниям, и эти колебания особенно значительны у растения с отмирающими на зиму побегами.

2. В изменении количества побегов проявляется определенный ритм, общие черты которого выражаются в том, что вслед за начальным весенним подъемом побегообразования количество побегов снижается, и затем определяется новый подъем.

3. Каждый вид в ритме возникновения новых побегов проявляет свою особенность. Весенний подъем количества побегов идет у тимо-

---

[1] Объяснение сокращений: кщ. — кущение; кл. — колошение; ц. — цветение; пл. — плодоношение; отм. — отмирание.

феевки до фазы выхода в трубку, у костра — до фазы колошения, у лисохвоста — до фазы цветения (рис. 2).

В связи с этим необходимо отметить, что у лисохвоста побеги отличаются очень не дружным прохождением отдельных фенофаз и, при начале побегов в фазе цветения, имеются обычно побеги, находящиеся в фазе выхода в трубку.

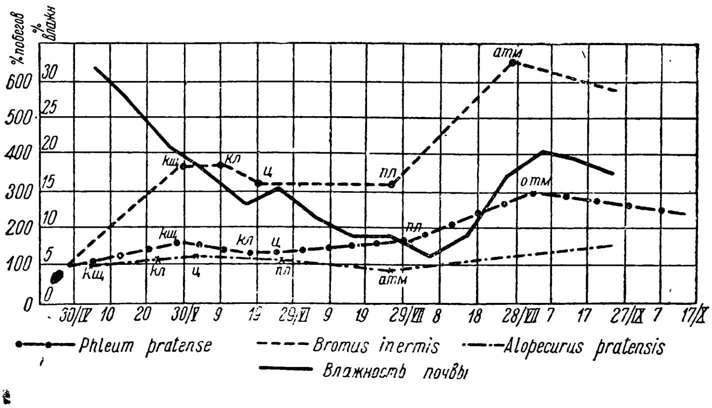


Рис. 1. Количество побегов по фенофазам и влажность почвы (количество побегов в % от первого учета).
Масштаб: 1 см = 100%; 1 см = 5%.

4. Летне-осенний подъем в количестве побегов у отдельных видов также проявляется неоднородно; при этом у тимофеевки увеличение количества побегов обнаруживается уже в фазу цветения, у костра — в фазу плодоношения и у лисохвоста — после отмирания генеративных побегов (рис. 3).

Наблюдения показывают, что отмеченные закономерности устанавливаются как по сумме всех побегов, так и при подсчете их по отдельным кустам.

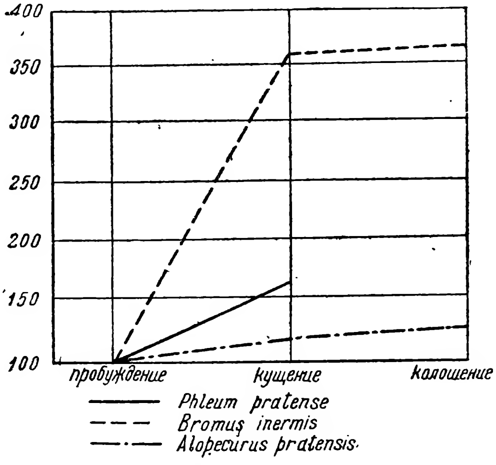


Рис. 2. Кривые весеннего подъема побегообразования.

В каждый отдельный момент наличное количество побегов определяется двумя прямопротивоположными процессами: образованием новых побегов и отмиранием ранее сформировавшихся. Анализ каждого из этих процессов позволил установить следующее:

1. Отмирание побегов у отдельных видов начинается в различное время: наиболее рано (при ориентировке на фенофазы) оно наступает у тимофеевки (с фазы колошения), позднее — у костра и лисохвоста (фаза цветения и плодоношения). Раннее отмирание, наблюдаемое у тимофеевки, происходит за счет перезимовавших побегов. Судьба перезимовавших побегов различна: одни из них развиваются в генеративные побеги, другие, оставаясь стерильными, или удлиняются или пребывают в укороченном состоянии. Эти последние наиболее продолжительное время сохраняют жизнеспособность.

Отмирание побегов до фазы плодоношения наблюдается не только у растений с зимующими наземными побегами и листьями, но и у типичного геофила — костра безостого.

2. Появление новых побегов происходит в два такта — весной и осенью. Осенний подъем побегообразования выше весеннего, и это устанавливается для изучаемых нами злаков, исключая костер—растение с отмирающими на зиму наземными побегами. Интенсивность новообразования побегов, так же как и фазы его наступления, у отдельных видов различны (см. график рис. 1).

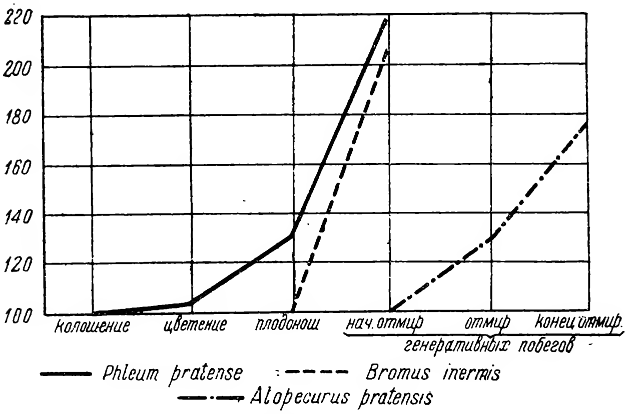


Рис. 3. Кривые летне-осеннего подъема побегообразования.

При сравнении динамики побегообразования и факторов среды, в частности с наиболее важным из них, обеспеченностью влагой, можно видеть (рис. 1), что новое увеличение числа побегов не находится в прямой зависимости от этого фактора.

Изменение количества побегов у тимофеевки показывает, что увеличение количества их начинается в фазу цветения и нарастает далее, несмотря на ухудшающиеся условия водообеспечения.

Здесь проявляется прежде всего значение ритма развития, свойственного данному виду растения. Этот момент еще более выпукло выступает при изучении влияния удобрения на побегообразование.

В различные фенофазы нами вносился под тимофеевку сульфат аммония из расчета 90 кг азота на 1 га. Получены следующие данные:

Количество побегов по фенофазам в процентах к первому учету

Фазы / Сроки внесения удобрений	Кущение	Выход в трубку	Колошение: Начало	Колошение: Полное	Цветение	Созревание семян	Отмирание	Окончание роста
Удобрение внесено в фазу весеннего пробуждения . .	100	97		85			203	
Удобрение внесено в фазу колошения	100		114		95	125	251	278
Удобрение внесено в фазу цветения	100				84	105	294	224
Контроль	100	94	94	83	82	81	196	168

В этой таблице следует обратить внимание прежде всего на то, что в весенний перид подъем количества побегов здесь не выражен или выражен очень слабо. Это находит себе объяснение в том, что в данном случае растения изучались не изолированно, а в обстановке лугового ценоза. Вследствие конкуренции отмирание побегов стимулировалось и, наоборот, тормозилось появление новых побегов.

Из приведенных цифр можно видеть, что внесение азота до фазы колошения или не вызвало непосредственного увеличения числа побегов, или вызывало только незначительное, и, наоборот, внесение азота в более поздние фазы сопровождалось большим подъемом количества побегов. В том же смысле проявилось действие дополнительной аэрации.

В старой литературе, среди факторов, влияющих на энергию новообразования побегов (кущение), обычно, наряду с указаниями на значение площади питания [Опиц, Шрибо (Opitz, Schribaux), 12, 13], сроков посева (Вольни), сорта (Шрибо) — подчеркивается также роль низких температур. Так, Топорков в своей весьма обстоятельной работе „К биологии озимой пшеницы“ (14) устанавливает, что наиболее энергично кущение пшеницы идет при температурах 4—10°, когда рост (в высоту) побегов проходит медленно. При этом он высказывает общее положение, что все то, что задерживает рост стебля, способствует кущению.

При современном уровне наших знаний и особенно после работ акад. Лысенко (15) в свете его учения о стадийном развитии, нам стало известно, что дело здесь не о температурах, задерживающих рост, а о том, что в этот начальный период развития растение не прошло еще стадии яровизации и не создало внутренних предпосылок для формирования удлиненных побегов.

У растения, неподготовленного к развитию стеблей, тем в больших масштабах должно выявляться кущение, чем более среда благоприятствует его фотосинтезирующей деятельности.

С этой точки зрения мы должны подойти и к оценке значения для кущения более высоких температур. На определенной стадии развития растения такие температуры могут быть благоприятны для кущения. С этим вполне согласуется вывод, сделанный Каутером (Kauter, 16) на основании наблюдений, проверенных им над ростом корней и стеблей восьми видов луговых трав, о том, что низкие температуры задерживают кущение.

Иное наблюдается у растений, прошедших стадию яровизации. В благоприятных жизненных условиях весь строительный материал, вырабатываемый растением, идет в этом случае на формирование удлиненных побегов. Кущение, как таковое, задерживается или совершенно приостанавливается. В связи с этим обращает на себя внимание то обстоятельство, что весной у побегов, прошедших стадию яровизации (перезимовавшие побеги), процесс кущения—новообразование побегов — идет гораздо менее интенсивно, чем в летне-осенний период, когда получают развитие зачатки, еще не прошедшие или неполно прошедшие стадию яровизации.

В последнее время выдающиеся успехи сделало учение о гормональной регуляции роста растения. Это учение и его достижения представляют большой интерес для нас в толковании ряда явлений, наблюдаемых при росте луговых трав.

Среди большого числа работ, которые имеются в этой области [Вент (Went), Холодный, Боннер (Bonner), Боас (Boas), Тимонн и Скуг (Thimonn and Skoog)], с точки зрения наших задач обращает на себя внимание работа Тимонна и Скуга (17). На основании своих исследований над развитием главной и боковых почек у *Vicia faba* они приходят к заключению, что гормоны роста главной почки оказывают тормозящее действие на образование вещества роста в боковых почках. Это положение может быть особо полезным для нас при объяснении динамики побегообразования у луговых трав, наблюдаемого при их срезании, о чем мы будем говорить в дальнейшем.

Итак, все ранее изложенное позволяет нам заключать, что ритм в новообразовании побегов — кущение, находится в определенной связи с общим ритмом развития лугового растения и имеет прежде всего внутреннюю обусловленность; сообразно особенностям биологической природы того или другого вида лугового растения, этот ритм приобретает свои характерные черты. Так же, как и всякий другой этап в развитии, кущение у лугового растения может проходить при наличии определенных внешних условий. Но необходимо отметить, что амплитуда отклонений факторов среды, в пределах которой может осуществляться процесс кущения, представляется более широкой, чем это допускают другие фазы в развитии растения.

В связи с этим вспомним данные Топоркова, а также указания, которые мы находим у Кирхнер, Лёв и Шрётер (10) о том, что *Cynosurus cristatus* может образовать побеги даже зимой.

В период кущения то или иное сочетание внешних условий может или усиливать или ослаблять новообразование побегов, и это открывает нам путь к воздействию на этот важный для урожая процесс.

II. Влияние срезания на побегообразование

После стравливания или скашивания травостоя его возобновление может происходить двояко: 1) появляются новые побеги из почек; 2) отрастают срезанные побеги.

Мы поставили себе задачей ближе изучить это явление.

На луговой тимофеевке, еже, лисохвосте исследовалось, как влияет срезание на способность побега к дальнейшему росту. Линия среза проходила через верхнюю часть генеративных органов, через их средину, основание и под основанием; далее производились наблюдения над ростом срезанных побегов. При этом были получены следующие данные (рис. 4):

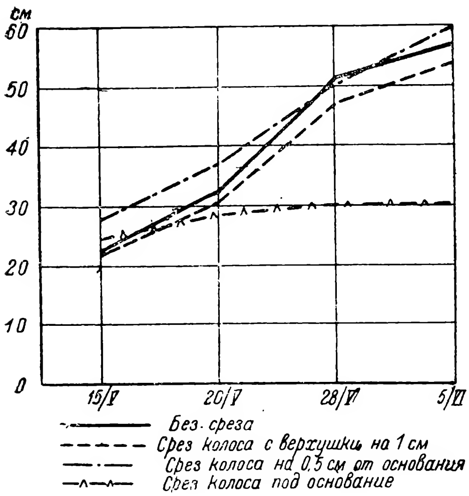


Рис. 4. Отрастание *Alopecurus pratensis* L. при срезании колоса на разном уровне (в фазе колошения). Масштаб: 1 см=10 см.

Рост побегов лисохвоста лугового после среза, проходящего через различные части растения

Номер опытов	Уровень среза	Даты измерений после среза			
		14/V	20/V	28/V	5/VI
1	Срез под основанием колоса, скрытого во влагалище. 5 см	7	8	8	8
2	Срез через середину колоса, скрытого во влагалище. 12 см	20,5	34	59,5	75,5
3	Срез между 2 и 3 листом, выше колоса. 5 см	13	21,5	41	68.5

Для тимофеевки, срезанной в фазе колошения были получены следующие данные (срез сделан 7/VI) (рис. 5):

Номера опытов	Уровень среза	Даты измерений после среза	
		14/VI	27/VI
1	Срез под основанием колоса. 26 см	34	37
2	Срезан почти весь колос, оставлена небольшая часть его—0,5 см у основания. 25 см . . .	36	55
3	Срез через средину колоса. 29 см	47	80
4	Побеги не срезались. 31 см	46	71

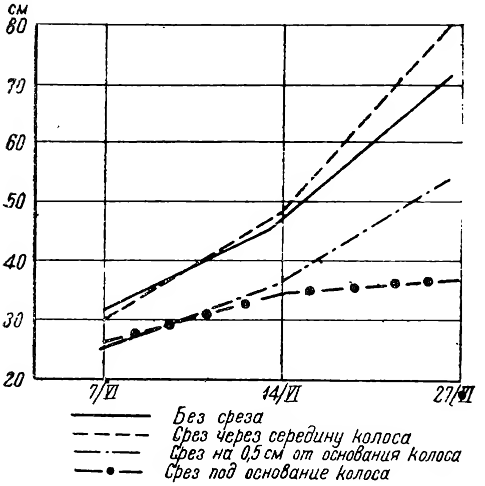


Рис. 5. Отрастание *Phleum pratense* L. при срезании колоса на разном уровне (в фазе колошения). Масш.: 1 см = 10 см.

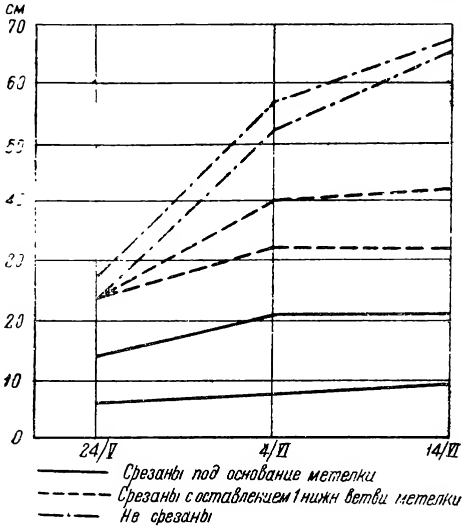


Рис. 6. Рост в высоту *Dactylis glomerata* L. после срезания метелки на различном уровне. Масштаб: 1 см = 10 см.

При срезании ежи второй срез проходил так, что нижняя ветвь метелки вместе с колосками оставалась нетронутой. Срезы сделаны 24/V в фазе начала колошения.

Для ежи наблюдались следующие изменения в росте (рис. 6):

Номера опытов	Уровень среза	Даты измерений после среза	
		4V/I	14/VI
1	Срез сделан под основание метелки. 6 см . . .	8	9
2	Срез сделан через метелку так, что нижняя ветвь метелки сохранилась. 24 см	36	37
3	Побеги не срезались. 25 см	53	66

Все эксперименты согласно показывают следующее:

1. Срезание всего колоса или метелки под основание полностью или почти полностью приостанавливает дальнейший рост растения, независимо от того, в какой фенофазе сделан срез.

2. Срезание половины колоса или метелки почти не сказывается задерживающе на дальнейшем росте растения.

3. Срезание колоса или метелки с оставлением лишь небольшой его части при основании сказывается несколько замедляюще на последующем росте, но не приостанавливает его.

4. На границе между колосом и верхним междоузлием намечается граница, где влияние среза становится критическим для дальнейшего роста побега.

К указанному следует добавить, что приостановка в росте после среза наблюдалась не только на генеративных, но и на стерильных побегах с вытянутыми междоузлиями, когда срезалась их верхняя часть. Хорошо известно, что срезание верхней части побега, где обычно находится точка роста, влечет за собой отмирание этого побега. Однако мы видим, что у злаков влияние среза появляется гораздо сложнее. Срезание колоса или метелки на $^3/_4$ длины, а иногда и более, почти не задерживает дальнейшего роста растения. Мы знаем, что у злаков удлинение побегов происходит, главным образом, в порядке интеркалярного вставочного роста; основание каждого междоузлия под защитой влагалища листа долгое время сохраняет деятельную ткань и проявляет способность к росту. Однако это обстоятельство еще не объясняет явления. Мы видим, что способность к вставочному росту теряется растением в условиях вполне определенных, а именно, когда полностью или почти полностью уничтожены органы плодоношения или верхняя часть стерильного побега; надо сохранить хотя бы ничтожную часть их, чтобы растение приобрело способность к продолжению роста.[1]

Учение о гормональной регуляции роста хорошо объясняет это явление. Гормоны роста, вырабатываемые растением в верхней части побега, передаются вниз.

В наших экспериментах хорошо проявляется положение, что эти гормоны роста продуцируются во всех отрезках органов плодоношения. Под их влиянием, при перемещении вниз (мы можем сказать это, имея в виду работу Тиманна и Скуга), происходит и задержка в росте боковых почек.

На основании изложенного не трудно предусмотреть влияние скашивания и стравливания на луговые злаки.

При срезах, проходящих на уровнях ниже органов плодоношения или первого верхнего междоузлия, где растение вырабатывает гормоны роста, развитие побега почти полностью приостанавливается. А как это явление должно отразиться на побегообразовании? Мы можем ожидать, что в первом случае, когда источники ростового вещества сохраняются в побеге, подвергнутом срезу, т. е. срез прошел выше критического уровня, это ростовое вещество будет оказывать тормозящее влияние на образование ростового вещества в боковых почках, и почки не будут трогаться в рост; во втором случае, когда срез удаляет источник ростового вещества, приостанавливается и рост побега, и вместе с тем устраняется тормоз, сдерживающий развитие боковых почек.

Последнее положение мы считаем целесообразным пояснить на одном из экспериментов, проведенном нами в этом направлении.

---

[1] При большом отчуждении рабочей листовой поверхности развитие побега может дать значительно меньшую кормовую массу по сравнению с побегом, не подвергшимся срезанию или стравливанию.

26 мая в фазе самого начала выхода в трубку были срезаны 75 кустов луговой тимофеевки, из них 25 кустов на уровне одного см от поверхности земли, 25 — на высоте 5 см и 25 на высоте 10 см.

У первых 25 кустов срез прошел в основном ниже критической зоны, у второй и третьей групп, преимущественно, выше критической зоны.

Анализ тех же растений 10 июня показал следующее (рис. 7):

Высота среза	1 см	5 см	10 см
Количество отмерших после среза побегов	67	7	0
Количество новых побегов	120	28	20
Количество отросших побегов	35	120	96
Высота новых побегов	8	8	10
Высота побегов, отросших после среза	16	21	31

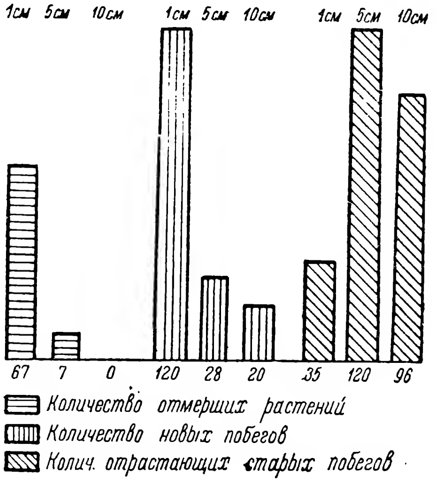


Рис. 7. Влияние высоты срезания на последующее отрастание побегов *Phleum pratense* L.

Срез на высоте 1 см, прошедший ниже критической зоны побега, повлек за собой в большом количестве отмирание побегов и вместе с тем пробуждение почек и появление в большем количестве новых побегов.

Срезы на более высоких уровнях вызвали совершенно иные последующие явления. Отмирания побегов почти не наблюдалось, получилось большое количество отросших старых побегов и вместе с тем очень мало появилось новых побегов.[1]

Из изложенного легко можно видеть, какое мощное орудие управления динамикой побегообразования и отрастания, а отсюда и динамикой урожая, мы получаем в самих наших приемах эксплоатации, при условии, когда перед нами раскрываются основные закономерности этого процесса. Попутно, в порядке самокритики, мы не можем не указать здесь, что до сих пор этим средством управления побегообразованием и отрастанием в лугопастбищном деле мы пользовались в значительной степени вслепую, ощупью отыскивая наиболее практически полезные сроки начала стравливания и интервалы между стравливанием. Такое положение было свойственно не только работе в производстве, но и экспериментальным исследованиям. Точно так же, в изучении явлений отавности сроки срезания приурочивались или к календарным срокам, или к состоянию так называемой пастбищной спелости, или, наконец, ориентировались на фенофазы, но в такой постановке, что основной момент — наличие критической зоны побега и уровень его залегания — не принимались во внимание.

При этом положении не вызывает удивления тот факт, что, несмотря на массовую работу по изучению явлений отавности, мы не ушли в этом вопросе дальше накопления большого количества сырого эмпирического материала и пока находимся еще далеко от создания научной теории отавности, т. е. не дали еще того, что мы в первую очередь должны были бы дать в результате исследовательской работы.

---

[1] Фаза кущения еще не закончилась.

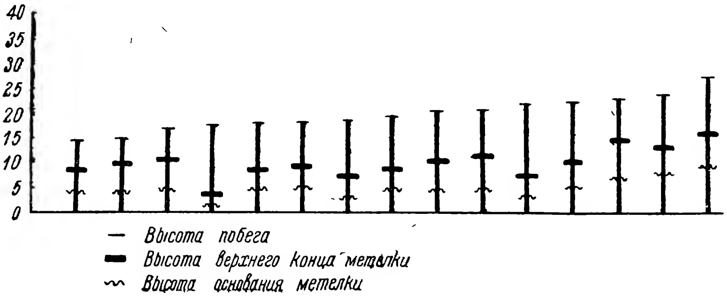


Рис. 8. Высота побега и положение точки роста в побеге *Dactylis glomerata* L. Масштаб: 1 см = 10 см.

На основании наших материалов не трудно показать, что ориентировка в установлении сроков стравливания на так называемую пастбищную спелость включает в себе самые различные последствия для судьбы побега.

Нами проведен массовый анализ побегов нескольких видов луговых трав для установления положения критических зон у них на различных этапах роста побега. Такому исследованию был подвергнут

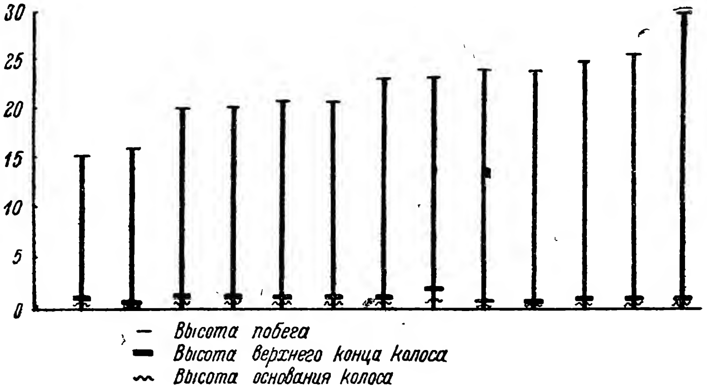


Рис. 9. Высота побега и положение точки роста в побеге *Phleum pratense* L. Масштаб: 1 см = 5 см.

костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.), канареечник (*Phalaris arundinacea* L.), ежа (*Dactylis glomerata* L.), луговая тимофеевка (*Phleum pratense* L.), луговая овсяница (*Festuca pratensis* Huds), луговой мятлик (*Poa pratensis* L.).

Результаты этих исследований мы представляем на чертежах 8, 9 и 10.

Представленный материал позволяет установить следующее.

1. При одной и той же высоте молодого побега критические зоны у различных видов растений располагаются на различном уровне.

2. Уровень критических зон меняется, в известном соответствии с высотой побега, специфически для каждого вида.

3. Оформляются группы растений, быстро поднимающие уровень критических зон на высоту (ежа, костер) и медленно поднимающие

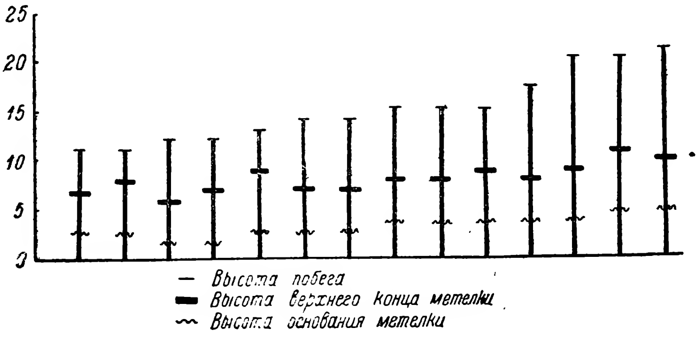


Рис. 10. Высота побега и положение точки роста в побеге *Poa pratensis* L. Масштаб: 1 см = 5 см.

(тимофеевка, овсяница луговая). Этот признак находится в определенной связи с темпом прохождения растением фенофаз в первые периоды роста.

4. Знание о положении уровня критических зон позволяет при эксплоатации сознательно регулировать сроки и высоту скашивания или стравливания, с ясным предвидением дальнейшего направления процессов возобновления побегов и отрастания.

Легко можно видеть, что стравливание на высоте 5 см при высоте побегов в 20 см повлечет за собой у тимофеевки полное сохранение срезанных побегов и способность их к дальнейшему росту. Обратно этому, у мятлика, при данной высоте побега и стравливания, почти все срезанные побеги отомрут, и образование новой растительной массы будет происходить путем возникновения новых побегов.

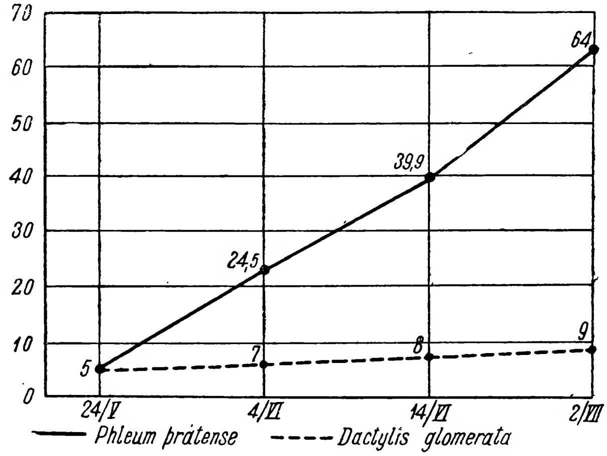


Рис. 11. Отрастание побегов после срезания на высоте 5 см от поверхности земли 24/V. Высота побегов до срезания 21—22 см см. Масштаб: 1 см = 10 см.

У луговой овсяницы, при тех же условиях, критические зоны совершенно не будут затронуты, стравленные побеги не отомрут и будут продолжать свой рост. Образование растительной массы будет итти за счет отрастания этих побегов.

Обратно этому, у ежи, при высоте побегов в 20 см и стравливании до высоты 5 см, мы будем наблюдать почти полное отмирание срезанных побегов и возобновление травостоя через развитие почек, до этого находившихся в стадии покоя.

24 мая нами было срезано на высоте 5 см большое количество молодых побегов у ежи и тимофеевки одинаковой высоты, около 20—22 см.

Последующими наблюдениями установлено (рис. 11):

	Процент побегов, после срезания возобновивших рост	Процент побегов после срезания отмерзших
Тимофеевка луговая	100	0
Ежа	5	95

На ту же дату приводим данные о положении генеративных органов в трубке у различных видов трав (взято среднее из 15 отсчетов для каждого вида (рис. 12).

Виды трав	Высота побега	Уровень верхнего конца метелки (в сантиметрах) над почвой	Уровень нижнего конца метелки над почвой
Мятлик луговой . . .	14	7	3
Ежа	17	8	5
Овсяница луговая . .	20	2,5	1
Канареечник	22	9	4
Тимофеевка	23	1	0,5

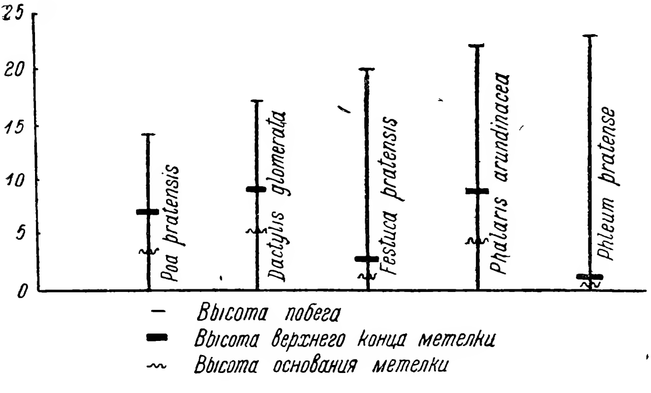


Рис. 12. Положение точки роста в побеге у различных видов луговых трав 24/V. (Среднее из 15 побегов).

Из приведенной таблички можно видеть, что с точки зрения сохранения способности побега к росту после стравливания, перерастание травы за пределы „пастбищной спелости“, — заключает в себе различную степень опасности.

У луговой овсяницы и тимофеевки запаздывание со стравливанием до определенного предела не вызывает в дальнейшем отмирания стравленных побегов; обратная картина наблюдается для ежи, мятлика канареечника. Этот момент представляет огромную практическую важность, так как образование кормовой массы путем формирования новых побегов и отрастания старых идет совершенно различными темпами. Это можно иллюстрировать примером, который проведен на странице 305.

После срезания тимофеевки 26 мая на высоте 1 см новые молодые побеги, развившиеся из почек, к 10 июня выросли на 8 см. Побеги, срезанные на высоте 5 и 10 см, сохранившие способность к дальнейшему росту, выросли; первый — до 21 см и второй — до 31 см, т. е. уже достигли и перешли пастбищную спелость.

По мере развития растения, при дальнейших циклах стравливания, все же критические зоны поднимутся настолько, что после эксплоатации побега потеряют свою способность к отрастанию, и дальнейшее накопление массы пойдет за счет формирования новых побегов, развивающихся более медленно; выявится определенный порог в темпах отрастания (рис. 13).

Этот порог будет определяться в основном не внешними факторами, а ритмом развития растения. В явлениях отавности мы находим целесообразным его отмечать как порог биологически обусловленный, в отличие от колебаний в темпах отавирования, вызываемых изменениями в факторах среды. Эти последние колебания могут проявляться более часто и сроки их выявления более случайны и подвижны; они зависят от временных конъюнктур факторов среды —это пороги отавности, экологически обусловленные.

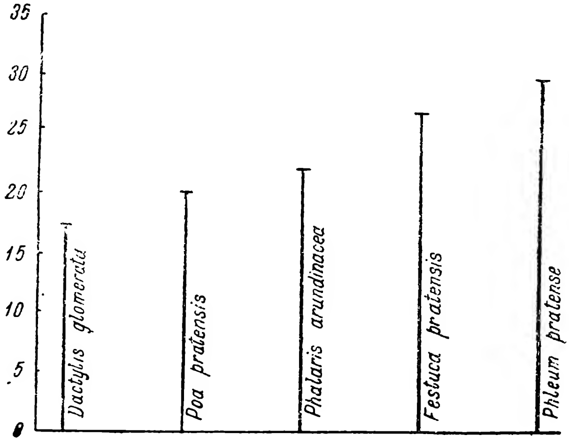


Рис. 13. Критическая высота побегов в фазе выхода в трубку; срез на уровне 5 см. Лишает побеги способности к дальнейшему росту.

В материалах, полученных при изучении отавности различными исследователями, биологически обусловленные пороги отавности нередко выступают с большой отчетливостью, но обычно или им вообще не дают никакого толкования, или их связывают с изменениями внешних условий. [1]

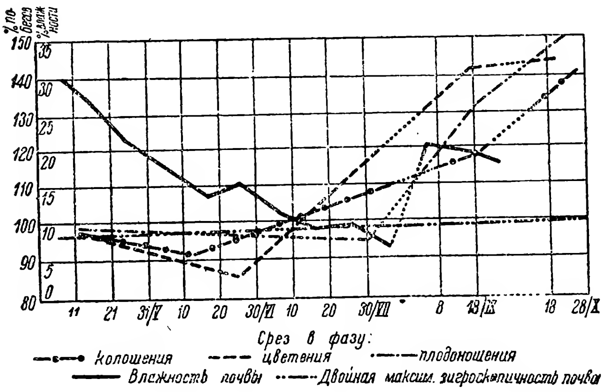


Рис. 14. Количество побегов в % от первого учета при сенокосном использовании. Масштаб: 1 см = 10%; 1 см = 5%.

III. Динамика побегообразования при срезании по типу сенокосного использования

После того как мы вскрыли основные моменты в динамике побегообразования в ненарушенном состоянии и получили некоторое освещение особенностей реакции побега на срезание, мы попытаемся установить динамику побегообразования при условиях, которые создаются для растения при его эксплоатации на сено и выпас.

Отдельные серии кустов луговой тимофеевки срезались: одна — в фазу колошения, другая — в фазу цветения, третья — в фазу плодоношения; подсчет количества побегов в начале вегетационного периода (11 мая — фаза вегетации), в момент среза запаса и отавы позволяет видеть выявившуюся при этом динамику образования побегов (рис. 14). При подсчете получены следующие данные (в процентах к весеннему количеству побегов).

---

[1] Смотри работы Евсеева и др.

Фазы среза	Процент побегов при весеннем подсчете	Процент побегов в период среза запаса	Процент побегов отавы 17/IX	Процент побегов отавы перед уходом в зиму 20—29/X
Колошение	100	93	116	138
Цветение	100	87	139	141
Плодоношение	100	96	129	151

По цифровым данным устанавливается:

1. Падение, как и в ранее приводимых случаях (см. стр. 298) общего числа побегов к концу весеннего периода.

2. Подъем общего числа побегов во всех отавах в осенний период.

3. Различная высота этого подъема для отдельных серий кустов, срезанных в различные фенофазы.

В этих различиях проявляется известная закономерность, смысл которой нам станет более ясным, если мы обратимся к рассмотрению той внешней и внутренней обстановки, в которой протекает побегообразование после среза.

Из факторов внешней среды нам особо важно остановиться на условиях водообеспеченности растения, учитывая то обстоятельство, что по линии изменения этого фактора, можно скорее всего ожидать выявления условий, ограничивающих рост молодых побегов.

Сопоставляя ход почвенной влажности и энергию побегообразования, мы обнаруживаем тот факт, что растения после срезания вначале во всех случаях находились некоторое время в условиях очень низкой обеспеченности влагой; содержание влаги в почве было на границе двойной максимальной гигроскопичности и опускалось даже ниже ее (рис. 14).

Несмотря на это, подсчет побегов у отавы 17 сентября показывает, что побегообразование в больших размерах проходило в фазе плодоношения и особенно цветения. В дальнейшем эти различия несколько сглаживаются; при этом наибольший прирост количества побегов выступает у растений, срезанных в фазу плодоношения.

Такое соотношение станет для нас более ясным тогда, когда мы от рассмотрения внешних факторов обратимся к анализу внутреннего состояния растения, дающего после срезания начало новому побегу.

В процессе формирования побега, мы должны различать два следующих этапа.

Первый этап: побег не сформировал своей рабочей зеленой поверхности, строительный материал доставляется из материнского растения. Этот этап мы отмечаем, как дочернее состояние.

Второй этап — побег создал свою листовую поверхность и в образовании органического вещества становится независимым от материнского растения; точно так же в этот второй этап молодой побег формирует и свою корневую систему и сам себя обеспечивает минеральной пищей.

Из сказанного следует, что после срезания материнского побега нормальное развитие дочернего побега, особенно в первые фазы его роста, может происходить лишь при условии достаточной обеспеченности растения запасными пластическими веществами. Как идет накопление запасных углеводов в луговой тимофеевке, по мере ее развития, можно видеть из прилагаемой таблички.

Дата взятия проб	Фенофазы	Количество углеводов в процентах на абсолютно сухое вещество[1]
19/IV	Конец зимнего покоя	41,4
10 V	Кущение	33,0
23/V	Перед выходом в трубку	25,55
13/VI	Колошение	52,8
25/VI	Цветение	65,6
31/VII	Плодоношение	65,1
14/X	Отмирание генеративных побегов	61,6

Сопоставляя количество побегов, появляющихся после срезания растения в различные фенологические фазы, с наличием запасных веществ, мы можем видеть, что при срезании растения в фазу колошения мы обеспечиваем запасными веществами последующие поколения побегов в меньшей степени, чем при срезании в фазу цветения и плодоношения, когда количество запасных веществ достигает своего максимума.

В дополнение к представленному в табличке материалу следует указать на то обстоятельство, что у молодых побегов, формирующихся на растениях, оставленных без срезания до фазы плодоношения, имеется два источника запасных пластических веществ: собственно органы запаса (у тимофеевки это прежде всего гаплокорм) и отмирающие части материнского побега; в фазу плодоношения процесс отмирания выражен довольно явственно на верхушках стеблей и листьев материнского растения, и в эту фазу достигается наиболее полная обеспеченность молодых побегов запасными веществами.

Динамика количества побегов в отаве в летне-осенний период зависит не только от фазы срезания: в этом отношении приобретает большое значение биологический тип растения. Это наглядно выступает в цифрах, представленных в нижеследующей табличке.

Вид растения	Дата среза	Фаза среза	Количество побегов при срезании (в процентах)	Количество побегов в отаве в процентах к количеству побегов при срезе	
				16—17 / IX	21—23 / X
Тимофеевка луговая .	25/VI	Цветение	100	160	163
Мятлик луговой . .	14/VI	»	100	99	97
Костер безостый . .	20/VI	»	100	157	124

Поведение оказывается резко различным у растений двух биологических групп. Растения с зимующими наземными побегами — мятлик и особенно тимофеевка луговая — к зиме или увеличивают количество побегов (тимофеевка), или только очень мало его снижают (мятлик).

---

[1] Анализы выполнены временным сотрудником В. М. Чибиковым.

Растение с незимующими наземными побегами, типичный геофил — костер безостый — показал в позднеосенний период значительное уменьшение количества побегов. С точки зрения полноты использования урожая легко напрашивается вывод, что с использованием отавы костра (и видимо других геофилов, к которым относятся типичные корневищно-ползучие растения), мы должны в гораздо большей мере торопиться, чем с использованием растений с зимующими побегами.

Представляет большой интерес и имеет определенное производственное значение вопрос, как влияет на побегообразование раннее и позднее скашивание отавы.

Те материалы, которыми мы располагаем, показывают, что такие растения, как мятлик луговой и костер безостый, не проявляют существенной разницы в количестве побегов в последующий период.

Нами получены следующие данные:

Количество побегов в процентах к количеству, установленному в фазу цветения

Вид растения	Количество побегов в фазу цветения (момент среза)	Количество побегов в отаве при срезе $\frac{26-31}{\mathrm{VIII}}$	Количество побегов в отаве при срезе $\frac{16-17}{\mathrm{IX}}$	Количество побегов перед уходом в зиму $\frac{20-21}{\mathrm{X}}$
Мятлик луговой .	100	91		96
„ „	100		99	97
Костер безостый .	100	165		127
„ „	100		156	124

Объяснение этому явлению следует искать в том, что в обоих случаях мы имеем дело с типично озимыми растениями, дающими после скашивания побеги с низко лежащей точкой роста, остающейся в таком положении до момента, пока побег не пройдет фазы яровизации. Срезы не затрагивают критической зоны побега, и он продолжает отрастать и после среза.

Иное может быть у растений, легко яровизирующихся и легко образующих удлиненные побеги. В этом случае, как это нами установлено для тимофеевки, часть побегов при позднем срезании отавы теряет способность к дальнейшему росту.

Следует иметь в виду, что такие побеги, прошедшие стадию яровизации, мало зимостойки (Куперман, 18), и в период зимования в значительной мере отмирают.

IV. Динамика побегообразования при срезании растений по типу пастбищного использования

Нам остается рассмотреть динамику побегообразования при срезании по типу пастбищного использования.

При проведении опыта по этому разделу делался периодический подсчет побегов, с измерением их высоты: 1) ранней весной, 2) при определении запаса, 3) при взятии четырех отав и 4) перед уходом в зиму. Срезание производилось на высоте 5 см.

Изменение количества побегов при отдельных учетах оказалось следующим (рис. 15):

Изменение количества побегов при срезании на 5 см, выраженное в процентах к первому учету

Нумерация учетов	1	2	3	4	5	6	7
Сроки среза и подсчета побегов	10/V среза не было	18/V срез запаса	2/VI срез 1-й отавы	20/VI срез 2-й отавы	19/VII срез 3-й отавы	28/VIII срез 4-й отавы	29/X среза не было
Количество побегов в процентах к первому учету	100	106	106	66	62	98	96
Высота побегов в момент среза	18	29	27	10	15	15	14

В другой серии кустов при срезах в те же сроки и на ту же высоту было взято 5 отав, так что пятая отава была срезана в период между 4 срезом и последним подсчетом.

Были получены следующие данные:

Нумерация учетов	1	2	3	4	5	6	7	8
Срок подсчета побегов	10/V среза не было	18/V срез запаса	2/VI срез 1-й отавы	20/VI срез 2-й отавы	19/VII срез 3-й отавы	28/VIII срез 4-й отавы	5/X срез 5-й отавы	29/X среза не было
Количество побегов в проц. к первому учету.	100	128	141	91	69	110	120	136
Высота побегов в момент среза	16	21	24	11	13	11	12	7

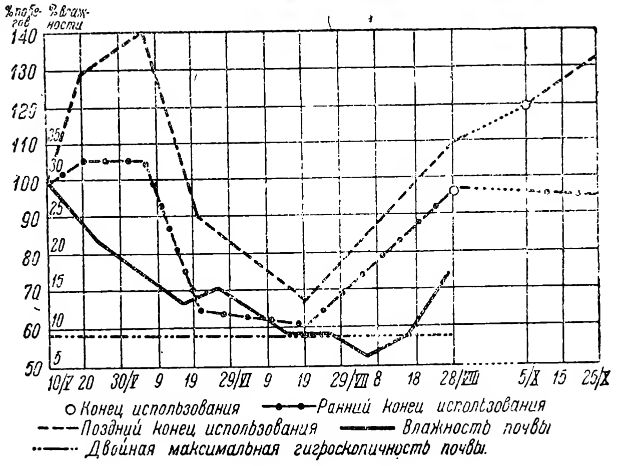


Рис. 15. Изменение количества побегов при срезании на 5 см., выраженное в процентах к первому учету

Приведенный ряд цифр показывает некоторое увеличение количества побегов в начале весеннего периода, затем резкое падение его; к осени мы наблюдаем новый подъем количества побегов.

В этой динамике побегообразования наибольший интерес и с теоретической и с практической стороны представляет уменьшение количества побегов в летний период. Как известно, в этот отрезок времени обычно наблюдается большое снижение урожая отав. Это явление нуждается в правильном толковании.

Самый обычный и доступный путь к отысканию объяснений снижения урожая отав летом представляет рассмотрение внешних и, в частности, погодных условий. К этому обычно и обращаются исследователи, когда наблюдают уменьшение урожая отав в летний период.

При всей важности внешних условий роста для проявления отавности у растений, анализ только их в данном случае не разъясняет положения.

Ранее (стр. 310) мы уже отмечали, что среди факторов внешней среды, имеющих особо важное значение для жизнедеятельности растения, большую изменчивость проявляет ход почвенной влажности. Сопоставляя количество побегов и почвенную влажность, мы устанавливаем, что скачок вниз в количестве побегов проявляется тогда, когда обеспеченность влагой была еще заметно выше критической и, наоборот, падение влажности ниже двойной максимальной гигроскопичности почти не вызывало углубления отрицательного эффекта.

Явление становится значительно более понятным, когда мы начинаем искать объяснения в различной реакции растения на срез в зависимости от этапа его развития и уровня залегания в побеге „критической“ в отношении среза зоны.

Из ранее приведенных материалов можно видеть, что у тимофеевки луговой „критическая зона“ еще до 24 мая продолжала залегать ниже уровня среза (ниже 5 см).

Первый срез, сделанный 18 мая, не может захватить этой зоны, и срезанные побеги продолжали после среза отрастать. 13 июня тимофеевка была в стадии полного колошения. За период с 18 мая по 2 июня уровень критической зоны переместился выше уровня среза и, в результате этого, большое количество побегов после среза, при взятии первой отавы (2/VI) потеряло способность к дальнейшему росту. Таким образом обозначился биологически обусловленный порог отавности. Это заключение легко доказывается подсчетом не только живых, но и отмерзших после срезания побегов (пеньки).

Дата подсчета	10/V	18/V срез запаса	2/VI срез 1-й отавы	20/VI срез 2-й отавы
Количество живых побегов в абсолютных цифрах	255	270	269	169
Количество пеньков, отмерзших после среза побегов	0	0	0	89

Из представленных цифр видно, что после среза 2 июня около 30% побегов потеряло способность к дальнейшему росту.

Придавая такое толкование наблюдаемой динамике в побегообразовании, мы отнюдь не склонны умалить значение в этом явлении факторов внешней среды. Наоборот, мы особенно подчеркиваем для выявления побегообразования и отавности в частности такого фактора как обеспеченность влагой.

На этом вопросе мы остановимся несколько подробнее, при этом дадим ему освещение с новой точки зрения, до сих пор, насколько нам известно, не получившей отражения в литературе.

В отношении многолетних злаков обычно принимают, что корневая система, принадлежащая побегу, отмирает вместе с прекращением жизни этого побега, включая и случаи, когда побег подвергается срезанию (Вильямс, 19).

Большую важность представляет вопрос, имеет ли значение корневая система срезанного материнского побега для развития молодого

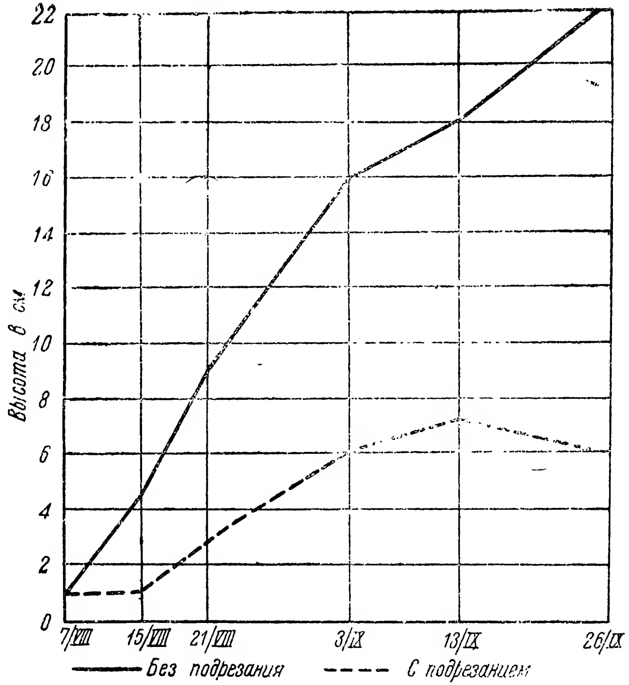


Рис. 16. Динамика роста молодых побегов при срезании и без подрезания корневой системы у материнского побега (в полевых условиях). Масштаб: 1 см = 2 см.

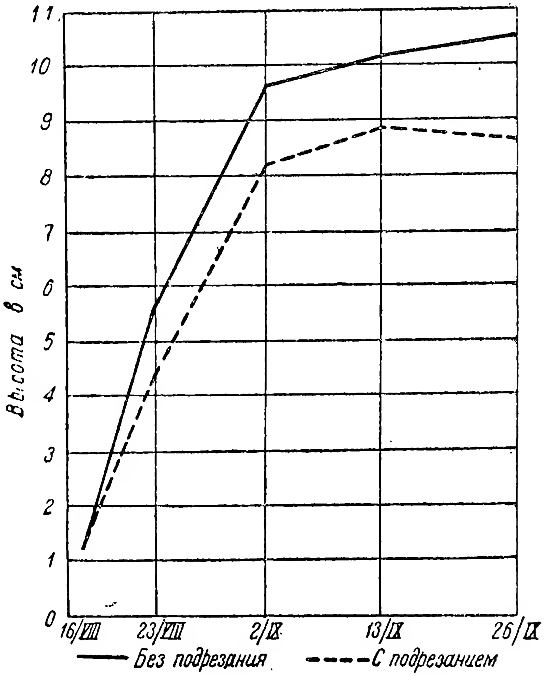


Рис. 17. Динамика роста молодых побегов при подрезании и без подрезания корневой системы материнского побега (в ящике). Масштаб: 1 см = 1 см.

дочернего побега. Для того чтобы ответить на этот вопрос, мы доставили небольшой эксперимент. Этот эксперимент даже в той несложной обстановке, как он оформился у нас, позволяет пролить некоторый свет на взаимоотношение материнского и дочернего побегов.

В полевой обстановке были выбраны 20 кустов в фазе плодоношения, когда при основании побегов начали пробуждаться почки возобновления.

У 10 кустов была близ поверхности полностью подрезана корневая система, у 10 других кустов корневая система не подрезалась. У всех кустов были срезаны одновременно наземные побеги.

Наблюдение над развитием пробуждающихся молодых побегов позволило установить следующее увеличение их роста (рис. 16 и 17).

Динамика роста молодых побегов при подрезании и без подрезания корневой системы у материнского побега в полевых условиях

Дата	15/VIII	21/VIII	3/IX	13/IX	26/IX
Корневая система не подрезана .	4,8 см	9,2 см	16,2 см	18,4 см	22,4 см
Корневая система подрезана . . .	1,2 см	2,9 см	6,2 см	7,4 см	6,3 см

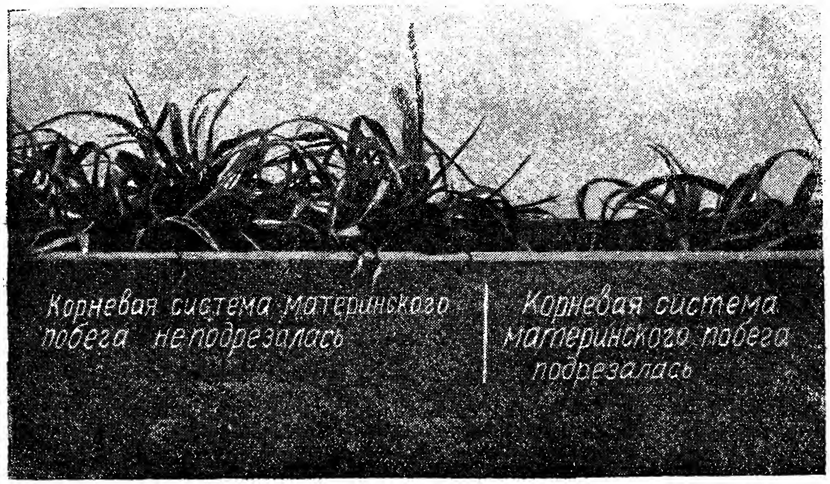

Корневая система материнского побега не подрезалась
Корневая система материнского побега подрезалась

Рис. 18

Тот же результат, но в менее подчеркнутой форме, был получен нами и при проведении опыта в ящиках. Наглядное представление о результатах этого опыта дает приложенная ниже фотография (рис. 18).

Ход роста молодых побегов в начальные фазы развития до момента формирования зеленой поверхности и в последующее время дает некоторые основания заключать, что корневая система материнского побега используется молодым побегом не только как аппарат для поглощения элементов зеленой пищи из почвы, но и как источник запасных пластических веществ.

Динамика роста молодых побегов при подрезании корневой системы у материнского побега и без этого в опытных условиях (в ящиках)

Дата	23/VIII	2/IX	13/IX	26/IX
Корневая система не подрезана . . .	5,6 см	9,6 см	10,2 см	10,6 см
Корневая система подрезана	4,5 см	8,2 см	8,9 см	8,7 см

Таким образом мы можем принять, что после уничтожения у многолетних луговых злаков материнского побега молодой дочерний побег использует корневую систему материнского побега для своего роста. Этот момент очень важен, так как он дает нам предпосылки для нового освещения некоторых агротехнических проблем в области лугопастбищного хозяйства. Для того чтобы это положение стало для нас более ясным, нам необходимо привлечь для рассмотрения некоторые материалы, касающиеся влияния частого срезания на формирование корневой системы.

По данным американского исследователя Грабера,[1] многократное срезание растений следующим образом повлияло на корневую систему луговых злаков.

Вес корневой системы у 100 растений (в граммах)

Виды трав	Растения не срезались	Растения срезались 7 раз
Мятлик луговой	0,64	0,08
Полевица белая .	1,82	0,10
Тимофеевка луговая	7,89	0,65

Грабер, Нельсон[2] и др. приводят следующие данные о влиянии многократного срезания на корневую систему люцерны.

	Срез 2 раза в фазу цветения	Срез 4 раза в фазу бутонизации	Срез 6 раз в фазу вегетации
Сухой вес корней (в граммах) для 50 экземп.	90	59	26

Те же закономерности отмечаются исследователями Альберт (Albert), Бисуелл (Biswell), Уйвер (Weaver), Пьер (Pierre), Бертран (Bertran) и др.

Вес корней на сенокосе и пастбище в центральной пойме Оки, выраженный в процентах на абсолютный сухой вес почвы

Горизонт	Сенокос	Пастбище
0—10	22,5	15,2
10—20	4,6	5,9

У нас подобные же результаты для целых луговых ценозов в условиях поймы получены старш. научн. сотр. Любской (20).[3]

Подобные же данные для отдельных луговых трав и культурных травосмесей получены аспирантом Болодоной и др. исследователями.

Наряду с этим мы должны принять во внимание то обстоятельство, что формирование корневой системы у молодого побега проходит не столь быстро.

По данным Грубера (21) корни злаков в первые 5 месяцев их развития проникают на небольшую глубину.

---

[1] Graber. Food reserves in relation to other factors limiting the growth of grasses, 1931.

[2] The effects of frequent cutting on the root reserves of alfalfa, 1925.

[3] Ювенская, Любская, Фармаковская. Пойма как пастбищное угодье.

Кенекампом (Könekamp) в его работе „Beitrag zur Kenntnis des Wurzelwachstums einiger Klee- und Gräserarten“ (22) приводятся следующие сведения о скорости роста корней на легких удобренных почвах:

	Число дней роста	20	40	60	80
Глубина корней (в сантиметрах)	*Phalaris arundinacea* . . .	11	90	205	255
	Avena elatior	19	65	132	188
	Bromus inermis	20	73	130	182
	Festuca pratensis	17	46	90	140
	Phleum pratense	12	40	50	95
	Dactylis glomerata	4	50	60	91
	Poa pratensis	7	30	47	69
	Medicago sativa	9	70	161	220

По данным исследователя Каутера (16) наиболее благоприятные условия увлажнения для развития корневой системы у злаков лежат в пределах 50—100% от влагоемкости почвы, а для луговой тимофеевки, в частности,—при 85%.

При пастбищном использовании злаков, мы, обычно, имеем дело с побегами, возраст которых колеблется от 3 недель до 1,5 месяцев. Этот возраст может быть несколько большим лишь для перезимовавших побегов, образующих весенний запас на пастбищах; точно так же этот возраст может быть несколько большим и для тех побегов, которые не прошли стадии яровизации, не приобрели способности к удлинению стебля, и „критическая зона“ которых устойчиво сохраняется ниже уровня среза.

Здесь может быть высказано некоторое общее положение: чем медленнее растение яровизируется, чем сложнее та внешняя обстановка, которая необходима для прохождения луговым растением начальной фазы развития, чем дольше побег находится в укороченном состоянии, тем большей продолжительности жизни может достигать побег при пастбищном использовании.

Таким образом мы можем принять, что при пастбищном использовании, каждый материнский побег, дающий начало новому побегу, обеспечен менее мощной корневой системой, чем это бывает без использования или при сенокосном использовании лугового растения. Тем более поверхностно располагается корневая система самого молодого побега. Отсюда вытекает другое важное заключение, что при пастбищном использовании особое значение приобретает правильное водообеспечение верхних почвенных горизонтов луговых культур. Это соображение приобретает еще большую силу потому, что в целях повышения питательности корма (белковости прежде всего) обычно рекомендуют понижать уровень грунтовых вод на луговых угодьях при пастбищном использовании в большей мере, чем при сенокосном.

На основе правильного понимания специфичности динамики развития лугового растения при пастбищном использовании, мы должны подчеркнуть гораздо большее значение для повышения урокая в определенных условиях такого технического приема, как дождевание — для пастбищных культур по сравнению с сенокосными.

В связи с той же спецификой биологии пастбищного состояния растения, мы должны обратить внимание еще на одну сторону явления.

Наибольшие колебания содержания влаги в почве обычно происходят в ее верхних горизонтах; с глубиной эта пульсация, как правило, затухает. Эти колебания находятся обычно в прямой зависимости от состояния условий погоды.

Такое положение, на основе того же понимания специфики развития растения при пастбищном использовании, заставляет нас сделать еще один вывод немаловажного значения, а именно, что урожаи пастбищных культур, при низком залегании уровня грунтовых вод, в гораздо большей мере, чем сенокосных, должны быть подвержены колебаниям в соответствии с временной конъюнктурой погодных условий.

Применительно к нашим опытам мы должны так же толковать и значение той конъюнктуры внешних условий и, в частности, почвенной влажности, которая при этом выявилась.

После того как значительная часть побегов при срезе 2 июня потеряла свою способность к дальнейшему росту, дочерние почки при них получили возможность к развитию. Однако, вначале, в течение довольно продолжительного времени, новообразования побегов не происходит.

В данном случае в качестве ограничивающего фактора проявилось значение малой обеспеченности влагой верхних почвенных горизонтов, при недостаточном развитии корневых систем материнских побегов.

Как мы видели ранее, тот же фактор — малое содержание влаги в почве, в том случае когда растение подвергалось срезанию в фазе цветения и плодоношения и, следовательно, материнские побеги имели значительно более мощную корневую систему, не мог задержать процесс побегообразования (см. рис. 14 и 15).

В дальнейшем, при увеличении осадков и почвенной влажности, наблюдается значительный подъем побегообразования. Этот же подъем подготовлялся и все большим количеством почек, получавших возможность к развитию вследствие прекращения роста их материнского побега при срезаниях.

Как и в опыте с растениями, не подвергавшимися срезанию, в данном случае мы провели наблюдения над влиянием на побегообразование внесения азотистых удобрений при различном состоянии растительного покрова. Вносился сульфат-аммоний из расчета 90 кг азота на 1 га, под каждый куст отдельно: под запас — 10 мая, под вторую отаву — 2 июня, под четвертую отаву, — 19 июля. Полученные результаты представлены в нижеследующей табличке.

Изменение количества побегов при срезании и внесении азота, выраженное в процентах к первому учету (пастбищное использование)

Нумерация учетов		1	2	3	4	5	6	7
Сроки среза и подсчеты побегов		10/V среза не было	18/V срез запаса	2/VI срез 1-й отавы	2 /VI срез 2-й отавы	19/VII срез 3-й отавы	28/VIII срез 4-й отавы	27/X среза не было
Количество побегов в процентах к первому учету	Азот внесен 10 V под запас	100	113	100	52	55	63	76
	Азот внесен 2/VI под вторую отаву . .	100	105	90	77	67	73	91
	Азот внесен 19/VII под четвертую отаву	100		107	85	62	131	176

Мы видим, что внесение азота под запас с весны несколько усилило побегообразование (сравним 2-й и 3-й столбцы первого и второго рядов); однако это усиление незначительно (рис. 19).

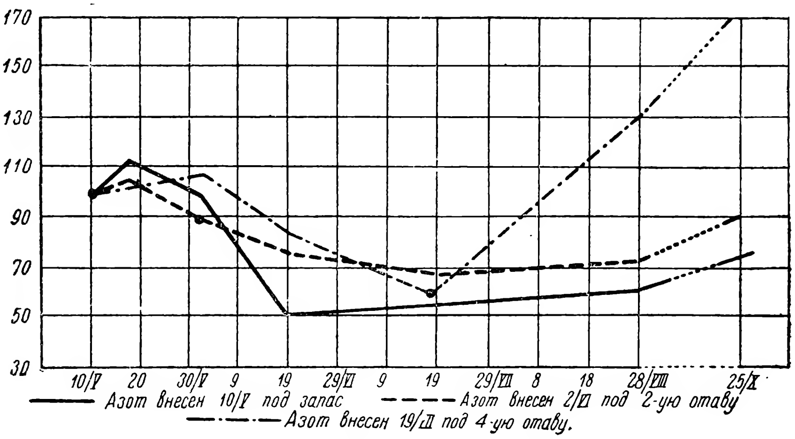


Рис. 19. Изменение количества побегов при срезании и внесении N, выраженное в $^0/_0$ к первому учету. Масштаб: 1 см = 20$^0/_0$.

Также несколько больший процент побегов к первому подсчету обнаруживается и при внесении азота под вторую отаву (сравним 4-й и 5-й столбцы первого и второго рядов).

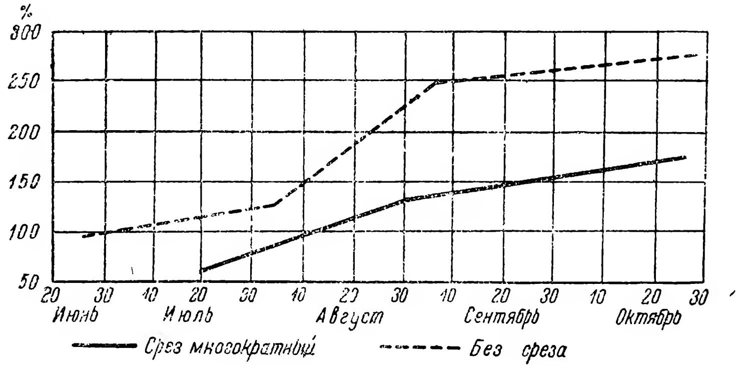


Рис. 20. Влияние внесения азотных удобрений на побегообразование у растений, срезаемых многократно и несрезаемых (в $^0/_0$ к весеннему учету).

Внесение азота в эти сроки не получило своего отражения на последующих отавах.

Резко отличная реакция растения проявилась при внесении азота под четвертую отаву. В этом случае мы наблюдаем большой подъем количества побегов, значительно превышающий тот, который имел место в первых двух случаях.

Смысл этого эксперимента выступает вполне отчетливо. Полное действие азота для новообразования побегов могло проявиться только в том случае, когда он давался в сроки, отвечающие ритму развития растения.

Мы уже ранее видели, что у тимофеевки образование новых побегов приурочивается, главным образом, к позднелетнему и началу осеннего времени, и значительно меньший подъем побегообразования наблюдается весной. Этот ритм побегообразования существенно не нарушается и при срезании растения по типу пастбищного использования.

Дача азота в моменты, выбранные соответственно ритму побегообразования, резко стимулировала этот процесс в конце лета и значительно менее весной, хотя весной, как это можно видеть на представленной ранее диаграмме (см. рис. 14 и 15), сопутствующие условия, в частности обеспеченность влагой, были представлены более благоприятно.

Нельзя не обратить внимания на следующие обстоятельства:

1. Действие азота кратковременно. Внесение азота весной никак не сказалось на увеличении количества побегов в августе, но для этого последнего срока в полной мере проявила свое значение дача азота во второй половине июля. Это подчеркивает значение дробного использования этого удобрения. Однако наши материалы подчеркивают не только важность этого момента, но и указывают, что не всякое дробное внесение удобрения приводит к положительному результату.

Внесение азота (то же относится и к другим способам воздействия на растение) должно быть не только дробным, но и согласовано с ритмом развития растения и его потребностями.

2. При сравнении эффективности внесения азота для новообразования побегов на кустах, не подвергавшихся срезанию и срезанных многократно, обращает на себя внимание значительно большее увеличение количества побегов у кустов несрезаемых (рис. 20). Это можно видеть из следующего ряда цифр.

Нарастание количества побегов в летне-осенний период в процентах к первому весеннему учету

	Растения срезались многократно			Растения не срезались			
Время учета . .	19/VII	28/VIII	27/X	26/VI	3/VIII	7/IX	31/X
Количество побегов в процентах к весеннему учету	62	131	176	95	125	251	278

Это явление вполне закономерно. Причина наблюдаемого различия в реакции на азот кроется в различной динамике запасных пластических веществ растения при срезании его и без этого. В первом случае растение менее обеспечено запасными веществами. Здесь мы не будем подвергать этот вопрос рассмотрению, так как он получает подробное освещение в особой статье. Имеет также значение меньшее развитие корневых систем у материнских побегов при пастбищном использовании.

Коротко сформулируем заключения, вытекающие из нашей работы:

1. Исследование закономерностей вегетативного возобновления многолетних кормовых трав составляет одну из важнейших задач в области теории луго-пастбищного хозяйства.

2. Успешное разрешение этих задач должно покоиться на четком разделении у многолетнего растения двух циклов жизни — большого и малого, разумея под первым развитие особи от возникновения ее

из семени и включая все последующие поколения растений, возникших вегетативным путем, и под вторым — развитие отдельного побега.

3. В развитии побега при вегетативном возобновлении мы должны различать следующие внешне проявляющиеся этапы: а) формирование укороченных междоузлий и почек, б) развитие из почки вегетативного побега, в) развитие вегетативного побега в генеративный побег. Познание каждой из этих фаз и ее обусловленности заключает для исследователя большой комплекс вопросов, важных и с точки зрения правильного построения мероприятий при культуре и использовании кормовых угодий.

4. В явлениях развития вегетативного побега из почки устанавливаются следующие общие закономерности:

а) Новообразование побегов приурочивается к определенным фазам развития материнского побега и обычно начинается тогда, когда материнский побег достиг фазы цветения или плодоношения, и продолжается до момента перехода новых побегов в генеративную фазу (выход в трубку, начало колошения).

b) Ритм побегообразования различен у луговых трав различного биологического типа.

a_1) Злаки с зимующими укороченными побегами (тимофеевка, лисохвост) не обнаруживают или обнаруживают малый подъем в количестве побегов весной и резко выраженный в поздний летний период.

Злаки — типичные геофилы (костер) — не сохраняющие на зиму листьев, наряду с осенним имеют сильно выраженное увеличение побегов весной.

b_1) У злаков с зимующими укороченными побегами, в поздне-осенний период в условиях эксплоатации, не наблюдается отмирания побегов или оно проявляется в малой степени. У злаков, не сохраняющих на зиму наземных побегов, в осенний период в условиях эксплоатации и без нее, наблюдается по мере приближения к зиме резко выраженное уменьшение побегов. Обратное поведение этих биологических групп наблюдается весной.

в) Сложившийся у растения ритм побегообразования почти не подвергается смещению под влиянием обычных приемов воздействия (внесение удобрений, аэрация).

г) Внесение азота сильно стимулирует новообразование побегов только при даче удобрения в определенные моменты, в соответствии с ритмом развития растения. Удобрение азотом особенно эффективно при внесении его перед летне-осенним подъемом побегообразования, что особенно важно учесть в практике, применительно к растениям с зимующими укороченными побегами.

5. Срезание побега лишает его способности к дальнейшему росту только в том случае, когда срез проходит не выше определенного уровня побега, а именно при прохождении среза под основанием генеративного побега (или первого верхнего междоузлия); при прохождении линии среза через середину генеративного органа и выше, рост побега не приостанавливается.

6. У основания побега, лишенного срезом способности к дальнейшему росту, начинают развиваться новые молодые побеги.

7. Уровень залегания „критической зоны“ в побеге у различных видов трав в одно и то же время различен, и в связи с этим в определенный момент реакция побега на срез у различных видов трав может быть различной.

8. Срезание луговых трав в состоянии так называемой пастбищной спелости вызывает у различных видов совершенно различные

последствия в смысле возможности отрастания старых побегов и образования новых.

9. Установление сроков и высоты среза, с правильным учетом залегания в побеге критической зоны, дает средство для сознательного управления побегообразованием при использовании кормового угодья. Это средство должно получить соответствующее применение как при проведении исследований, так и в практике пастбищного хозяйства.

10. Наблюдения показывают, что молодой побег способен использовать для питания корневую систему материнского побега после его срезания.

11. Работами многих исследователей, как за границей, так и у нас в Союзе, доказано, что частое срезание растения и его пастбищное использование влекут за собой ослабление в уменьшении корневой системы.

12. Исходя из этого можно заключить:

а) что образование новых побегов при пастбищном использовании ставится в худшие условия по сравнению с растениями не используемыми или используемыми для сенокосных целей;

б) что при пастбищном использовании роль неблагоприятных внешних условий (например дефицит влаги) может в большей степени сказаться на растении, чем при сенокосном использовании или без использования.

13. В связи с особенностями влияния среза на развитие побега, при срезании его по типу пастбищного использования, в побегообразовании обнаруживается биологически обусловленный порог, не выявляющийся на растениях при сенокосном использовании или оставленных без использования.

14. Вследствие целого ряда особенностей в состоянии растения, обусловливаемых частым срезанием (см. пункты 11, 12), осенний подъем в количестве побегов при срезании по пастбищному типу выражен слабее, чем при срезании по сенокосному типу или без срезания.

Этот последний эффект создается также особым режимом запасных веществ, свойственным растению, подвергающемуся частому срезанию.

15. Ритм побегообразования при срезании по сенокосному типу мало отличается от ритма побегообразования без срезания, и это отличие тем меньше, чем позднее производится срез.

Литература

1. **Шенников** А. П. и **Баратынская** Е. П. Из результатов строения и изменчивости луговых сообществ. 1924 г. — 2. **Гиэнеф-Богдановская** И. Д. К вопросам о семенном возобновлении в луговых сообществах. 1926. — 3. **Хитрово** В. Н. О принципах классификации лугов. 1915. — 4. **Раменский** Л. Г. Основные закономерности растительного покрова. 1925. — 5. **Chippindale** H. G. and **Milton** W. E. On the viable seeds present in the soil beneath pastures. 1934. — 6. **Evans** M. The life history of timothy. 1927. — 7. **Waters**. Studies of the timothy plant. 1915. — 8. **Nushimura** M. Comparative morphology and development of *Poa pratensis*, *Phleum pratense* and *Setaria italica*. 1923. — 9. Agnes **Arber**, „Gramineae" 1934. — 10. **Kirchner**, **Loew**, **Schröter**. Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. 1914. — 11. **Graber**, **Nelson**. Organic food reserves in relation to the growth of alfalfa and other perennials. 1927. — 12. **Opitz**. D. K. Untersuchungen über Bewurzelung und Bestockung einiger Getreidearten. 1904. — 13. **Schribaux**. Experimentelle Untersuchungen über die Bestockung des Getreides. 1900. — 14. **Топорков**. К биологии озимой пшеницы. 1899. — 15. **Лысенко**. Теоретические основы яровизации. 1936. — 16. **Kauter**. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums der Gräser. 1900. — 17. **Thimann** K. and **Skoog** F. On the inhibition of bud development and other functions of growth substance in **Vicia faba**. Proc. Roy. Soc. 1934. — 18. **Куперман**. Зимостойкость пшениц в свете теории развития растений. 1935. — 19. **Вильямс** В. Р. Общее земледелие ч. II. 1922. — 20. **Ювенская** С. И., **Любская** А. Ф., **Фармаковская** О. Ф. Пойма, как пастбищное угодье. 1935. Сенокосы и пастбища. — 21. **Gruber**. Depth of rooting in grass. Herb. abstr. 1935. — 22. **Könekamp**. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelwachstums einiger Klee-und Gräser arten. Landw. Zahrb. 1934.

S. P. SMELOV

Vegetative regeneration in meadow grasses

Conclusions

1. One of the most important problems to be solved in the theory of meadow-pasture economy consists in the investigation of the laws governing the regeneration process in perennial fodder grasses.

2. Any successfue solution of these problems should be based upon a clear distinction between two life cycles in a perennial plant—the major and the minor one. The former should be understood to comprise the development of a single plant from its emergence from the seed, including all the following generations of plants arising in a vegetative way. The latter consists in the development of a single shoot.

3. Within the development of a shoot during the process of vegetative regeneration we should distinguish the following stages having an outward manifestation: a) the formation of short internodes and buds, b) the development of a vegetative shoot from the bud, c) the development of a vegetative shoot into a generative shoot. The due comprehension of each of these phases and their condition by the investigation is connected with a vast complex of problems important both from the point of view of adopting correctly planned measures of cultivation as well as the exploitation of the available fodder lands.

4. Among the phenomena connected with the development of a vegetative shoot from the bud the following regularities have been established:

a) the formation of new shoots coincides with definite phases in the development of their mother shoot, usually beginning when the mother shoot reaches its blossoming or fruiting phase and continuing until the new shoots enter their generative phase (tubing, earing).

b) The rhythm of shoot formation in meadow grasses belonging to different biological types is a different one.

c) In *Gramineae* with shoct overwintering shoots (timothy *Alopecurus pratensis*) the number of shoots increases in spring but inconsiderably, if at all, while late in summer the increase is very intensive.

Gramineae which are typically geophilorus (*Bromus*) and do not keep their foliage in winter show a marked increase of shoots in spring, besides the one taking place in autumn.

a) In *Gramineae* with short overwintering shoots these do not die off late in autumn under conditions of exploitation or if any dying off takes place it is inconsiderable. In *Gramineae* the aerial part of which does not persist the number of shoots abruptly decreases toward the approach of winter, indifferently whether exploitation takes place or not. In spring the behaviour of these biological groups is the reverse.

b) The rhythm of root formation established in a plant hardly undergoes any change under the action of the usual measures influencing it (application of fertilizers, aeration).

c) The introduction of nitrogen intensively stimulates the formation of new shoots only in the case when the fertilizer is applied at a definite moment in accordance with the rhythm of the development of the plant. Fertilization with nitrogen is particularly effective when applied before the summer and autumn increase of shoot formation. It is highly important to take this circumstance into consideration in practice, in connection with plants having short hibernating shoots.

5. The cutting of a shoot impairs its ability for further growth only when the cut is not made above a definite level, namely, below the

base of the generative shoot (or the first upper internode). If the line of the cut passes through the middle of the generative organ or higher up, the growth of the shoot is not arrested.

6. At the base of a shoot deprived of its growing capacity owing to its having been cut off new young shoots begin to develop.

7. The level at which the „critical zone“ of a shoot is situated varies in different grass species at one and the same time. In connection with it, the reaction of a shoot to cutting off may differ in different species of grasses at a definite moment.

8. The cutting of meadow grass in a state of so called pasture ripeness, produces a different effect upon different species, as to the possibility of growth in old shoots and the formation of new ones.

9. The timing of cutting and the level which it is to be done in consideration of the position of the „critical zone“ in the shoot provide the means for control of shoot formation in using a tract of fodder land. This method should be duly applied both in carrying out investigations and in the practice of pasture economy.

10. Observations have shown that a young shoot is able to make use of the root system of its cut off mother shot for nutrition purposes.

11. The work of many investigators published both abroad and in the Soviet Union has proved that frequent cutting of plants as well as using them for pasture purposes cause a weakening and decrease in their root system.

12. Hence it may be concluded that:

a) conditions are less favourable to the formation of new shoots when the land is used as a pasture ground than when it is not so used or used only for hay-making.

b) unfavorable external condition (e. g. deficient moisture) affect the plants in a higher degree when the ground is pastured, than when it is used for hay-making only or not used at all.

13. In connection with the peculiarities of the effect of cutting upon the development of a shoot when the latter is cut under conditions of pasture use, there appears in shoot formation a biologically conditioned threshold not manifested in plants used for hay-making or left undisturbed.

14. Owing to a number of peculiarities exhibited in the condition of a plant and caused by frequent cuts (see paragraphs 11 and 12), the autumnal increase of shoots cut under conditions of pasture use proves to be lower than when the cutting takes place under hay-making conditions or does not take place at all. This effekt is also produced by the special regime of the reserve substances peculiar to plants subjected to frequent cutting.

15. The rhythm of shoot formation when cutting off takes place for hay-making differs but slightly from the rhythm of shoot formation without cutting off, the difference being the less, the later the cutting takes place.

ТОМ 22 БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР 1937 № 3
TOME 22 JOURNAL BOTANIQUE DE L'URSS 1937 № 3

М. А. ГУДЛЕТ

Строение и свойства пектиновых веществ

II. Коллоидные свойства пектина [1]

С 5 рисунками

Мало найдется примеров такой тесной связи научного изучения какого-либо вопроса с практикой, какую мы находим в изучении коллоидных свойств пектина. Действительно, узко специальному вопросу изучения условий гелеобразования такого сравнительно редкого вещества, каким является пектин, посвящена обширная мировая литература, и мы не впадем в преувеличение, если скажем, что вся эта литература вызвана к жизни нуждами мармеладного производства и именно процессом варки мармелада. Поэтому мы решаемся начать наш второй очерк, посвященный коллоидным свойствам пектина, с описания процессов мармеладного производства, чтобы выделить те моменты, которые побудили научную мысль к сложнейшим исследованиям, до сих пор еще не давшим практике ответов на все предъявляемые ею запросы, но до сих пор питаемых и поддерживаемых практикой.

Эмпирически было известно уже очень давно, что протертая мякоть некоторых плодов при варке с сахаром дает студни, употребляемые как вкусовое вещество. Португальцы первые варили мармелад из мякоти айвы, от которой он и получил свое название (marmellada — айва). Однако производство мармелада терпело ряд неудач, к преодолению которых было приложено много усилий. Когда было выяснено, что образование мармелада зависит от свойств пектина, входящего в мякоть плодов, большое внимание было обращено на изучение этих свойств. Однако, как нами было отмечено в первом очерке, изучение химизма пектина не дало ответов на ряд вопросов, связанных со способностью последнего к образованию гелей. Эти вопросы могут быть разрешены лишь путем изучения коллоидных свойств пектина. Постановку вопросов научное изучение нашло в практике мармеладного производства.

В процессе производства не всегда получается мармелад, обладающий нужными свойствами. Учет производственного опыта показал, что такие неполадки зависят от недостатка или избытка сахара, недостатка пектина, недостатка или избытка прибавленных кислот, времени варки и все вместе связано с вопросами гелеобразования пектина в присутствии сахара и кислот. На бае технических требований, предъявивших как бы готовую программу работ, и выросла большая и различная по достоинству литература по изучению коллоидных свойств пектиновых веществ.

---

[1] Ботанический журнал № 6, т. 19 (1934).

1. Эмпирические условия гелеобразования пектина

Работа Люэрса и Лохмюллера

В изучении коллоидных функций пектина, так же как и в изучении его химического строения, можно отметить период отрывочных несистематических наблюдений с неустановившейся методикой и часто разнородными результатами и период систематизации и теоретического обоснования знаний, начавшийся с работ Люэрса и Лоумюллера (Luers und Lochmüller, 11) и Мелитца (Melitz, 12), соответствующих, по значению в этой области, работам Велленберга (Fellenberg) и Эрлиха (Ehrlich), в области чистого химизма.

Все пектиновые вещества обладают коллоидными свойствами и, следовательно, способностью к коагуляции. Однако коагуляция без разделения фаз, с образованием твердого геля, характерна лишь для неизмененного пектина или гидратопектина, по терминологии Эрлиха. Ни пектиновая кислота, ни, тем более, продукты более глубокой деградации пектина твердых гелей не образуют. Гелеобразование межпектиновых кислот значительно понижено.

Однако и гелеобразование пектина отличается большим своеобразием по сравнению хотя бы с гелеобразованием таких веществ, как агар-агар и желатина.

В то время как последние дают гели в очень разнообразных условиях как с чистой водой, так и с разнообразными наполнителями в широких градациях колебаний pH и температуры, пектиновый гель получается лишь при кипячении пектиновых растворов с сахаром и кислотой при условии сравнительно малых изменений как в количестве последних, так и в условиях кипячения. Структурно в пектиновом геле можно отметить сеточку основного скелета с пространствами, заполненными более жидким веществом. Однако прессованием и центрифугированием от пектинового геля удается отделить лишь небольшое количество жидкой фазы, так как он представляет единую систему определенной структуры. В некоторых случаях пектиновый гель с сахаром и кислотой может образовываться и без нагревания, однако такой процесс идет медленно и гель получается слабым. Повидимому, образованию геля, помимо остальных факторов, способствует конвекционное перемешивание смеси при кипячении. [1] Поэтому, говоря о кипячении, мы отмечаем, что этот процесс необходим для практически нормального получения твердых гелей. Само же кипячение может быть проведено при очень широких градациях атмосферного давления, начиная от нормального и ниже, следовательно при различных температурах. Лишь с этой оговоркой данная выше формулировка гелеобразования пектина приобретает должную полноту.

Частными факторами, влияющими на образование и качество пектинового геля, являются: 1) количество пектина, 2) количество сахара, 3) кислотность среды, 4) продолжительность кипячения.

---

[1] Однако грубое искусственное размешивание массы, при изготовлении пектинового геля, вредит его образованию, что неоднократно отмечалось практиками мармеладного производства (1).

Последний фактор, как мы увидим ниже, не является непосредственным.

Вопросам, связанным с изучением значения названных факторов, посвящена обширная литература, однако мы не будем подробно останавливаться на большом количестве работ периода первоначальных исканий и дадим лишь общий обзор данных, полученных в процессе этих работ. Все работы первоначального периода имели два общих недостатка, заключающихся, во-первых, в отсутствии единой методики, позволяющей сравнивать и повторять данные различных авторов, и, во-вторых, не резком разделении роли отдельных факторов, что, конечно, тоже в значительной мере объясняется отсутствием стандартизации испытаний.

В области изучения значения первых двух факторов, определяющих образование пектинового геля,—именно количеств пектина и сахара, работами целого ряда авторов [Крюсс, Баркер (Barker), 2, Синг (Sing), 14, Тарр — и т. д.] были с достаточной степенью согласованности установлены довольно узкие рамки содержания названных веществ, именно от 0,7 до 1% (и выше) пектина и от 50 до 60% сахара. Эти данные, основанные на изучении желяций систем, состоящих из чистого сахара, воды, пектина и кислоты, вполне сходятся и с производственным опытом, полученным в практике варки мармелада.

Много ранних работ, в которых изучается значение третьего из поименованных нами факторов — кислотности среды, обесцениваются тем, что авторы не приводили оптимального для гелеобразования значения pH среды, а давали кислотность в функциях процентного содержания той или иной кислоты. Так, например, в старых работах Баркера (2), в качестве оптимальной кислотности гелеобразования указывается 1% содержания винной или лимонной кислоты. Кемпбел (Campbell 5, 6), в качестве минимальной и максимальной кислотности для образования прочного геля, дает содержание в 0,27 и 0,50% серной кислоты и т. п. Но уже в более новых работах Баркер обращается к измерению pH, устанавливая его величину в качестве оптимальной для гелеобразования от 3 до 3,4. Позднее (Тарр) было показано, что гелеобразование не зависит от природы кислоты, а лишь от pH среды. Ряд авторов, занимавшихся этим вопросом [Тарр, Экарт (Eckart), 7, и др.], дал сходные величины оптимального pH в пределах от 2,8 до 3,4.

Долгое время не удавалось выяснить и вопроса о значении кипячения для образования пектиновых гелей. Правда, еще со времени Фреми был известен факт разрушения пектиновых веществ при кипячении. В 1910 г. Холдсвейт (Goldthwaite), 9, провела большую работу, данные которой показывают, что при кипячении различных плодовых и ягодных соков пектин в них разрушается нацело, а следовательно исчезает и способность к образованию желей. Имелся ряд и более поздних работ (Мелитц и др.), прямо показывающих отрицательное значение кипячения для желяции.

Но, однако, несмотря на ряд изложенных данных, иногда (главным образом в технической литературе) встречались и мнения, отрицавшие значение кипячения как фактора, вредящего образованию пектинового желе. Причина расхождений кроется в методической несогласованности в приемах различных авторов. Именно авторы, отрицавшие вредное значение кипячения, не учитывали в своих работах испарения, благодаря чему, несмотря на разложение пектина, процентное содержание последнего по отношению к оставшемуся количеству массы было достаточным для желяции. На основании наличия желяции и создавался вывод об отсутствии вреда при кипячении. В настоящее время отрицательное значение кипячения не вызывает сомнения и, как мы увидим ниже, это утверждение имеет солидную теоретическую и экспериментальную базу. Химическая сущность вредного действия кипячения и нагревания на пектин наметилась со времени работ Фелленберга. В первом очерке мы уже отметили, что Фелленберг показывал связь между отщеплением метилового спирта от пектиновой молекулы и потерей способности к желяции. Отщепление метилового спирта всегда происходит при нагревании раствора пектина выше 80—85°, в чем и заключается смысл вредного действия кипячения. Со времени Фелленберга, ряд авторов занимался изучением зависимости между количеством метилового спирта и желирующей силой пектина, причем эта зависимость является несомненной. Мы приведем таблицу работы Сухарипа, которая показывает значение метоксилации пектина для желеирующей силы последнего:

ТАБЛИЦА 1.

Количество пектина, необходимое для образования плотного пектинового геля, в зависимости от содержания метоксильных групп (по Сухарипа)

Процент метоксильных групп в пектине	Необходимое количество пектина (в процентах)
12,32	0,35
11,49	0,70
11,33	0,75
10,43	0,90

Таким образом на основании целого ряда упомянутых здесь работ можно было сделать определенные выводы о зависимости образования пектиновых гелей от внешних факторов. Эти выводы сводятся к следующим пунктам:

1. Оптимальное количество доброкачественного, малоразложенного (а следовательно и высокометоксилированного) пектина, необходимого для изготовления плотного желе, колеблется, в зависимости от остальных факторов, от 0,5 до 1% (при прочих оптимальных условиях и наиболее чистом пектине нижняя граница желяции падает до 0,4%).

2. Среднее оптимальное количество сахара должно равняться, приблизительно, 55% с небольшими уклонениями выше и ниже показанной величины.

3. Наиболее выгодная область pH от 2,9 до 3,3.

4. Процент метоксильных групп в пектине должен быть возможно более высоким. Недостаточный процент метоксильных групп лишь в некоторой степени может быть возмещен увеличением количества пектина.

5. Кипячение является фактором, отрицательно влияющим на гелеобразование.

Мы сознательно дали лишь поверхностный обзор упомянутых выше работ, не останавливаясь на их подробном разборе. Такой разбор не может иметь интереса общности. Дело в том, что различные авторы, приходя в своих работах к правильным выводам, ставили свои опыты в условиях, не сравнимых с условиями других исследователей, причем обычно, при изучении какого-либо одного из факторов, другие факторы задавались более или менее произвольно. Несколько выделяется лишь работа Синга (14), который, изучая значение количеств пектина, кислоты и сахара, проделал ряд серий опытов, в каждой из которых двум из трех факторов придавалось постоянное значение, третий же менялся. Однако и в работе Синга имеется ряд недостатков. Таким образом явилась необходимость как в создании единых и неоспоримых методов изучения отдельных факторов, так и в сведении зависимостей ряда факторов друг от друга в гармоничное целое.

Эти задачи были положительно разрешены в исследовании Люэрса и Лохмюллера.

В 1927 г. вышла работа Люэрса и Лохмюллера (11) „Об измерении желеирующей силы фруктового пектина“, являющаяся образцом методического изучения явления, зависящего от большого количества факторов. Сама работа и выводы, полученные авторами, настолько тесно переплетаются с употребляемой ими методикой, что изложение работы необходимо начать с методической части. В работах, разобранных выше, при изготовлении пектиновых гелей, авторами обычно не учитывались условия варки, и лишь иногда указывалась ее продолжительность. Однако в процессе варки часть воды испаряется и объем массы уменьшается, причем у разных авторов, в зависимости от применяемых ими сосудов и способов варки, это уменьшение являлось неодинаковым, что делает данные различных работ несравнимыми между собой. Люэрс и Лохмюллер установили совершенно стандартные условия варки с унифицированными начальными и конечными количествами обрабатываемой массы. Именно, согласно применяемой ими методике, в колбу на 500 см^2, присоединенную к вертикальному холодильнику, помещается 15 г испытуемого пектинового экстракта в смеси с 100 см^2 60% раствора сахара. Так как удельный вес такого раствора равняется 1,228, то общий вес смеси сахара и пектинового экстракта, помещенной в колбу, составляет $123 + 15 = 138$ г. Колбу погружают в парафиновую баню, так, чтобы парафин стоял на уровне смеси в колбе и затем, нагрев парафин до 150°, в течение 15 минут отгоняют в градуированный цилиндр 38 см^2 воды. В результате в колбе остается 100 г свареной массы. Таким путем, в опытах Люэрса и Лохмюллера были стандартизованы время, температура и объемные условия варки.

Далее, в то время как в опытах других авторов имеются лишь две ясных градации оценки опыта — факт отсутствия образования геля или факт гелеобразования, а оценки качества полученных гелей только субъективны (слабый гель, плотный гель, твердый гель, компактный гель, жидкий гель и т. п.), Люэрс и Лохмюллер применили аппаратуру, позволившую им дать количественную характеристику пектиновым гелям в функции их сопротивляемости на разрыв. Это позволило им найти оптимумы и законности влияния изменений отдельных факторов в наиболее интересном районе серийных опытов, области уже образующихся гелей, что имеет, конечно, и чрезвычайно важное практическое значение.

Прибор Люэрса и Лохмюллера для определения прочности пектиновых гелей на прорыв (Zerreissfestigkeit) состоит из цилиндра, внутри которого свободно движется вертикальный стерженек, к нижнему концу которого прикреплено так называемое „проникающее тело“, представляющее небольшую наделку на стерженек в виде усеченного конуса. Перед началом испытания „проникающее тело“ со стерженьком, установленным строго вертикально, закрепляется в центре дна испытательного цилиндра и заливается горячей, сваренной вышеописанным способом массой, которая, по застывании в гель, включает конус и проходящий сквозь нее стерженек. Описанная система окружена кожухом, между стенками которого и внутренним цилиндром циркулирует холодная вода для быстрейшего охлаждения массы. По застывании массы верхний конец стерженька соединяется с цепочкой, перекинутой через два блока. На другом конце цепочки прикреплена чашечка весов, являющаяся противовесом стерженьку и „проникающему телу“. К одному из блоков прикреплена стрелка, визированная на специальной шкале. После окончательного застывания желе, на чашечку насыпают дробь, до тех пор, пока стрелка на блоке не сдвинется с отметки на шкале, что указывает на „прорыв“ сквозь желе „проникающего тела“. Прочность желе определяется по весу насыпанной к этому моменту дроби.

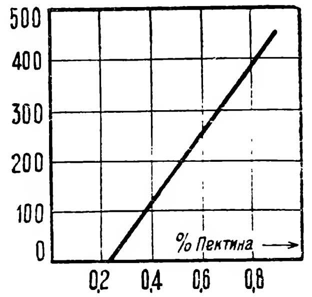


Рис. 1. Прочность пектинового геля в зависимости от количества пектина.

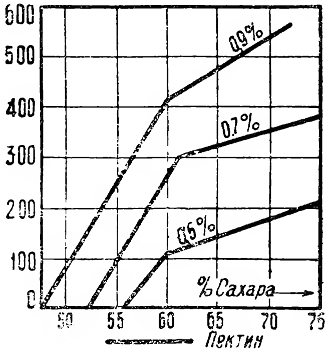


Рис. 2. Прочность пектинового геля в зависимости от количества сахара.

Пользуясь описанным прибором, авторы, варьируя условия варки, получили ряд таблиц, количественно характеризующих зависимость гелеобразования от целого ряда факторов. Мы не будем приводить этих таблиц, так как точные цифры в данном случае не играют никакой роли, естественно подвергаясь колебаниям в зависимости от чистоты пектина и целого ряда иных, не поддающихся учету, факторов, общие же законности находят прекрасное отражение в графиках, построенных авторами на основании полученных данных.

На графике 1 (рис. 1) мы находим зависимость прочности пектинового геля от содержания пектина в исходной массе, идущей на варку.

Мы видим, что в данном случае зависимость является линейной и повышение количества пектина непосредственно повышает и прочность геля. У авторов гелеобразование, правда очень слабое, происходило еще при содержании пектина в 0,32%. Практически границей гелеобразования принято считать содержание пектина в 0,40%; гелеобразование при содержании полноценного пектина ниже 0,40% если и происходит, то не имеет никакого практического значения.

Зависимость прочности геля от содержания сахара в исходной массе была испытана в трех сериях опытов с содержанием пектина в 0,9, 0,7 и 0,5% (см. график 2, рис. 2).

Кривые, относящиеся к трем сериям опытов, показывают характерный перелом, соответствующий, примерно, 60% содержанию сахара. Надо сказать, что в практике мармеладного производства, содержание сахара в 60—65% считается верхним пределом содержания сахара, после которого получившееся мармеладное желе становится грубым, рассыпающимся и не обладает приятными вкусовыми свойствами.

Повидимому дальнейшее повышение прочности геля после точки перелома соответствует уже каким-то иным соотношением фаз, чем до этой точки.

Далее нужно отметить, что рассматриваемые кривые не могут быть экстраполированы вправо. С некоторого момента (соответствующего примерно 80—85% сахара) мы уже не будем иметь единой системы, и равновесие наступает на иных основаниях. Именно часть сахара выкристаллизовывается самостоятельно, оставшийся же сахар с пектином и кислотой образует гель, совпадающий по свойствам с одной из предыдущих точек кривой. Таким образом в данном случае мы будем иметь сложную систему, состоящую из геля, пронизанного (и разрываемого) кристаллами сахара. Вот почему производственники уже давно отказались от варок мармелада с исходным количеством сахара выше 60—65%, так как вследствие концентрации компонентов в этом случае зачастую сахар выкристаллизовывается, и получается брак.

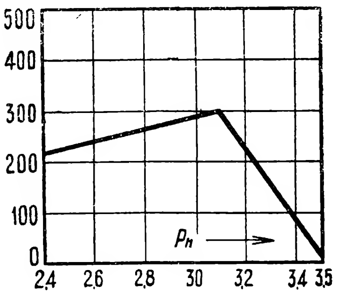


Рис. 3. Прочность пектинового геля в зависимости от кислотности среды.

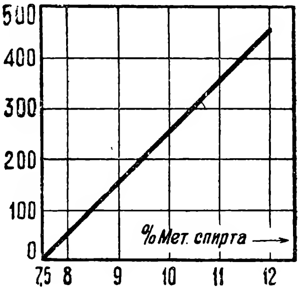


Рис. 4. Прочность пектинового геля в зависимости от содержания метилового спирта в пектине.

Третий график (рис. 3) показывает прочность пектиновых гелей в зависимости от реакции среды.

В данном случае получается достаточно ясно выраженный оптимум в районе 2,9—3,2. Эти данные находятся в полном совпадении с данными других авторов.

Между содержанием метилового спирта в пектине и прочностью пектинового геля авторами найдена прямая линейная зависимость, показанная на графике 4 (рис. 4).

Кривая графика 4 требует некоторого разъяснения. Дело в том, что для некоторой порции пектина, теряющей постепенно свои метоксилы, эта кривая должна была бы представлять ряд прерывных точек, так как эти переходы осуществляются не постепенно, а целыми единицами метоксильных групп. Но реально каждый пектиновый препарат представляет собой смесь в различной степени деградировавших компонентов, так что для каждого образца пектина существуют некоторые средние проценты метилового спирта, которым и соответствуют точки представленной кривой. Таким образом нельзя считать, что потеря четверти метоксильных групп (скачок от 12 до 9%

метилового спирта) приводит к определенному понижению жецин. Такое толкование не является точным, так как, согласно вышесказанному, цифра в 9% метилового спирта является средней и может быть создана как потерей четвертой части метоксилов всей массой пектина, так и примесью в известной пропорции совершенно разложившегося компонента к неизмененному пектину и к ряду переходов между ними. Этот вопрос может быть решен лишь изучением точно известных фракций, соответствующих межпектиновым кислотам Фелленберга. Ниже мы увидим, что подходы к решению данного вопроса имеются в опытах Мелитца.

График 5 (рис. 5) показывающий зависимость крепости пектиновых гелей от времени варки, непосредственно связан с графиком 4, так как понижение плотности геля с варкой зависит от отщепления метоксильных групп от молекулы пектина под действием кислоты и высокой температуры.

Если мы вспомним методику, применяемую авторами, то увидим, что они действительно учитывали время варки, исключая влияние иных факторов.

Таким образом представленная работа Люэрса и Лохмюллера дает нам ясную картину эмпирических зависимостей между внешними условиями и образованием пектиновых гелей.

После изложения работы Люэрса и Лохмюллера, имеющей принципиальное значение, мы не будем приводить более мелких работ, подтверждающих данные названных авторов, несколько отличных лишь по абсолютным цифрам, в зависимости, конечно, от чистоты и сорта исследованных образцов пектина.

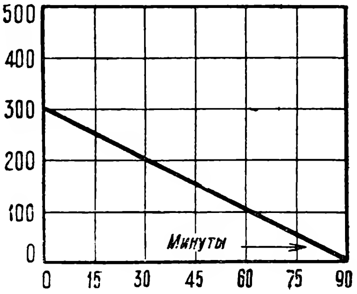


Рис. 5. Понижение прочности пектинового геля в зависимости от времени варки.

2. Связь между величиной частиц пектиновых ультрафракций и свойствами последних. Работы Мелитца

В предшествующей главе мы рассмотрели гелеобразование пектина, как внешнюю функцию пектиновых веществ, определяемую их коллоидными свойствами. Ряд интересных и содержательных работ Мелитца (12), изложенных им в последовательном ряде статей на протяжении 1926 г., подводит нас к пониманию интимной структуры коллоидных растворов пектина, на основании изучения степени дисперсности составляющих их частиц. Для разделения пектиновых частиц по величине на фракции, Мелитц в своих работах пользовался ультрафильтрами Жигмонди с мембранами из нитроцеллюлозы. Ниже мы приводим таблицу, представляющую данные работы по разделению пектинового раствора, с помощью ряда ультрафильтров (табл. 2).[1] Количество пектина, задерживаемого фильтром, определялось по разности между первоначальным содержанием пектина в растворе и количеством его после фильтрования.

Из таблицы видно, что величина коллоидных частиц раствора пектина превышает 0,2 микрона и в главной части колеблется в интервале от 0,2 до 0,6 микрона, ближе, конечно, к нижнему пределу.

---

[1] В дальнейшем мы несколько упрощаем ряд таблиц Мелитца, приводя из них лишь наиболее интересные данные.

ТАБЛИЦА 2

Разделение коллоидного раствора пектина на фракции по величине частица по Мелитцу

Диаметр пор фильтра (в микронах)	Количество пектина, не пропущенного фильтром, в процентах от первоначального
Нефильтров.	
больше 3	3,40
3	3,40
2	8,52
1,5	27,27
1,2	27,27
1,0	30,11
0,75	32,95
0,60	32,95
0,20	90,91

Около трети частиц имеют сравнительно большие размеры, в пределах от трех четвертей до полутора микрона. Величина в полтора микрона является, повидимому, и высшим пределом размеров главной массы пектиновых частиц, так как уже при порах фильтра в 2 μ, количество задерживаемого пектина падает чрезвычайно резко.

Метод, примененный Мелитцем, позволил автору вплотную подойти к решению вопроса о связи, существующей между количеством метоксильных групп в пектине и степенью дисперсности его золей, другими словами,—к вопросу: в какой мере отщепление метоксильных групп может служить показателем общего расщепления пектина не только с химической, но и с коллоидно-химической точки зрения.

Далее Мелитц, применив уже описанный метод ультрафильтрации, определял количество метилового спирта в фракциях пектина, выделенных из фильтратов.

Данные соответствующих опытов представлены на табл. 3.

ТАБЛИЦА 3

Количество метилового спирта в фракциях пектина при ультрафильтрации

Номер по порядку	Диаметр пор фильтра (в микронах)	Процентное содержание метилового спирта в пектине, выделенном из фильтрата
1	Нефильтров.	9,39
2	3	9,45
3	3	9,10
4	2	9,00
5	1	8,82
6	0,6	9,00
7	0,5	8,77
8	0,2	2,94

Эта таблица приводит нас к интересным выводам. Прежде всего мы видим, что фильтр с диаметром пор в 0,2 микрона пропускает лишь осколки пектина метоксилированные очень слабо, и выше этой величины остается практически весь пектин, с целым рядом градаций дисперсности. Далее (несмотря на склонность автора трактовать всю таблицу как показатель зависимости дисперсности и степени метоксилирования) мы обращаем особое внимание на тот факт, что все другие градации величин пор фильтра (от 1-й до 7-й) отделяют пектин с одинаковым в сущности содержанием метилового спирта (около 9%), несмотря на разные размеры частичек. [Действительно процент метилового спирта в 5-й строчке выпадает (8,82), 4-я и 6-я строчки показывают равные величины метоксилации, строчку 7, принимая во внимание ошибки опыта, можно признать почти не отличающейся от остальных и т. п.].

Из этого видно, что хотя определение процента метилового спирта и может служить материалом для грубых ориентаций в суждениях о степени годности пектина для образования геля, но „химически нормальный“ процент насыщенности пектиновой пробы метиловым спиртом еще не дает представления о градациях дисперсности пектиновых золей, также определяющих гелеобразование в пределах этого „химически благополучного“ процента.

С этой точки зрения становится понятным встречающиеся в литературе указания на случаи получения пектиновых гелей и мармеладных желе разного достоинства при одинаковом содержании метоксильных групп в исходной пектиновой пробе. Рассуждения подтверждаются и данными самого Мелитца, который, применяя свой метод ультрафильтрации, изготовил гели из отфильтрованных пектиновых фракций, конечно, доводя их, для сравнимости данных и возможности получения гелей, путем осторожного выпаривания, до некоторого общего для всех фракций исходного процентного содержания пектина.

Результаты этих опытов мы приводим в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4

Гели пектиновых ультрафракций по Мелитцу

Диаметр пор фильтра (в микронах)	Качество геля
Нефильтров.	Светлый, плотный
3	Очень светлый, плотный
1	Средней плотности
0,6	Средней плотности
0,2	Типичного геля нет

Из таблицы мы видим, что в пределах тех градаций, где определялись примерно одинаковые количества метилового спирта, качество пектиновых гелей было различным в зависимости от величины частиц. Мы не будем останавливаться на работе Мелитца по определению кислотности фракций пектина. Цифры, приводимые Мелитцем, показывают, что при уменьшении пор фильтра абсолютная кислотность фильтратов, выражаемая в кб. сантиметрах децинормальной щелочи, понижается, что сопровождается повышением pH. Однако эти данные не могут иметь в настоящее время правильного толкования, так как зависят от степени адсорбции фруктовых кислот фильтратами, проходящими через фильтр, и не выражают кислотности собственно пектиновых фракций.

Таким образом мы видим, что коллоидные функции пектина сложны и к пяти перечисленным нами в предыдущей главе факторам, от которых зависит образование пектиновых гелей, нужно прибавить еще шестой фактор, определяемый степенью дисперсности коллоидных частиц у данной пектиновой пробы.

На основании вышеизложенного ясно, что только в области образования пектиновых гелей подобран обширный материал. Однако до сих пор не создано стройной классической теории, всесторонне охватывающей все типы образования коллоидных пектиновых осадков. Мы знаем, что в некоторых случаях (при осаждении спиртом, осаждении Ca) пектиновые вещества образуют седиментаты слизистого или хлопковидного порядка, способные легко терять связанную воду и быть высушенными в порошок, а также дают типичные гели, которыми, собственно, мы и занимались до сих пор. Немногие попытки объяснений механизма образования коллоидных осадков пектина относятся, главным образом, к объяснению образования осадков первой группы. В этой области совершенно нет единства мнения. Так, Вендельмут (Wendelmuth), 16, и Тарр считают, что образование пектиновых студней всегда является следствием химических реакций, происходящих в растворах пектина, и может быть истолковано с точки зрения химических теорий гелеобразования. Спенсер (Spenser), 15, поддерживает чисто физико-химические воззрения школы Банкрофта. Согласно Спенсеру, роль веществ, выделяющих пектиновые гели при прибавлении к растворам пектина (например, спирта), сводится, во-первых, к адсорбции анионов, стабилизующих растворы пектина, и, во-вторых,—к обезвоживанию пектиновых частиц, что приводит к их дестабилизации и агломерации. Однако и у данного автора нет разработанных объяснений причин различия процессов, получающихся при осаждении пектина хотя бы спиртом и образования типичных гелей. Наконец, на основании наблюдений над вязкостью растворов пектина при прибавлении осаждающих агентов, С. Гликман (Glückman, 8), строит объяснение образования коллоидных осадков пектина на базе полиамфионной теории проф. Курбатова.

3. О возможности предсказаний свойств изготовляемых пектиновых желе

В настоящей главе, подводя итоги всему сказанному выше, разберем вопрос, насколько точно, на основании всей современной суммы знаний о химических и коллоидных свойствах пектиновых веществ, можно предсказать свойства изготовляемого пектинового геля, или приготовить гель с заранее заданными свойствами. Это — основной вопрос, поставленный практикой, выдвинувшей необходимость работ по пектину. Мы уже описали вкратце технологию изготовления мармелада. До сих пор лучшим критерием годности партии яблочного теста для изготовления мармелада считалась опытная варка. При хороших яблоках и правильном изготовлении пюре обычно получается нормальный мармелад. Но неполучение мармеладного желе при применении обычного рецепта еще не означает, что вся партия негодна для производства мармелада. Часто требуются лишь незначительные изменения в рецепте и условиях варки, чтобы вновь получался нормальный мармелад. Однако при эмпирическом подыскивании изменений оптимальные условия можно найти и можно не найти. Вот почему, при простоте опытных варок, вопрос о нахождении точных, основанных на научных данных, критериев образования пектиновых гелей в сложных условиях варки мармелада, не сходит с порядка дня, вызывая все новые и новые работы.

Мы уже видели, что для более простой системы, состоящей из чистой воды, сахара, кислоты и пектина, основные законности гелеобразования были намечены работами ряда авторов, в работе же Люэрса и Лохмюллера показаны правильные пути их дальнейшего изучения.

Пользуясь этими законностями, можно с некоторым приближением составить представление о качествах будущего геля. Однако, если в суждениях о гелеобразовании для первых трех компонентов достаточна количественная характеристика, процентное содержание этих веществ в смеси, идущей на изготовление геля, для четвертого компонента, пектина, необходимы еще и качественные данные. Со времени Фелленберга известно, что деградация пектина до межпектиновых и пектиновой кислоты является отрицательным условием гелеобразования, снижающим последнее от наибольшего до нуля. Уже давно было обращено внимание на изучение процентного содержания метилового спирта в пектине, количественно выражаемого показателя степени химической деградации пектина. В работе Люэрса и Лохмюллера процентное содержание метоксилов рассматривается в качестве отдельного фактора, которым определяется образование геля. Таким образом, уже в этой работе фактор „пектин“ разлагается на три зависимых фактора: два статических, количество пектина и начальное содержание в нем метоксильных групп, показывающее начальное качество пектина, и один динамический, — время кипячения, связанный с изменением качеств пектина за время варки. Ведь последний фактор может быть переведен на язык изменения в содержании метоксильных групп, так как именно метоксильные группы отщепляются при нагревании от пектинового ядра.

Но оказалась, что учет количества метоксилов, показывая химическое разложение пектина, не дает исчерпывающего представления о физико-химической деградации последнего. Сказанное стало понятным со времени работ Мелитца, показавшего, что одинаковым градациям в содержании метоксильных групп соответствуют величины пектиновых частиц различной дисперсности. Это показывает, что физико-химическая деградация пектина не находится в линейной зависимости от его химического разложения, а связана с последним гораздо более сложным отношением. Степень дисперсности пектина должна быть введена в качестве одного из факторов, влияющих на гелеобразование.

Мелитц изучил гелеобразование ультрафракций пектина, но не привел своих данных в гармонию с полученными прежде. Дело ближайшего будущего, создать вместо „оценки по пяти факторам“ Люэрса и Лохмюллера, „оценку по шести факторам“. Такая оценка чрезвычайно близко подведет нас к решению поставленной проблемы. Но, однако, и изучение всех названных факторов не исчерпывает вопроса окончательно.

Так, например, вопрос о значении времени кипячения вряд ли может решаться суммарно, так как кипячение имеет влияние как на химические разложения пектина, так и на его коллоидные свойства. Повидимому обе стороны вопроса должны быть рассматриваемы отдельно, и фактор „кипячение“ распадется на два фактора. Такое изучение можно было бы поставить в условиях кипячения заготовок для пектиновых гелей под вакуумом при низкой температуре. Тогда конвекционное перемешивание жидкости и прочие явления, наблюдаемые при кипячении, имели бы место, но не происходило бы температурного распада пектина.

Нет сомнения, что в процессе дальнейшего изучения вскроется и еще ряд, не учитываемых в настоящее время факторов.

Но во всяком случае надо отметить, что для классического случая изготовления пектиновых гелей из чистых веществ, научное изучение вопроса уже и в настоящее время привело к весьма совершенным его решениям.

Дело обстоит гораздо сложнее, когда, как это и бывает на практике, изготовление пектиновых гелей производится в присутствии большого количества посторонних вещества (наполнителей). Так в практике мармеладного производства большую часть первоначальной смеси представляют вещества яблочного теста, непектинового характера, по крайней мере не необходимые для образования геля.

Условия гелеобразования в таких случаях гораздо более сложны и изучены еще очень плохо.

Вопрос может очень сильно осложняться и посторонними причинами. Так, если в массе, поступающей в варку, имеются несвязанные зольные вещества, особенно соли кальция, свободные карбоксильные группы пектина вступают с ними в соединение, давая осадки, не имеющие характерных свойств пектиновых гелей. Эти осадки иногда являются центрами седиментации для остальной массы пектина, так что из сферы образования типичного пектинового геля выводится бóльшее количество пектина, чем то, которое требуется для образования соли. Все сказанное еще не позволяет, на основании только химического исследования, иметь суждение о пригодности материала для изготовления мармелада, и пока в данном случае превалирующее значение имеет лишь опытная варка. Но во всяком случае правильное понимание свойств пектиновых веществ дало очень много для производства (1), позволив избегнуть много ошибок, допускавшихся в прошлом, и сознательно подходить к казавшимся прежде неясными, деталям технологического процесса.

Ввиду того что определение ряда отдельных показателей в яблочном пюре (количества пектина, иногда метоксилов и т. п.) не дает ответов на вопрос о годности последнего для образования мармеладного желе, было сделано много попыток найти какое-либо химическое или физическое определение одного из свойств яблочного пюре, которое было бы хотя бы эмпирически связано со всем комплексом физико-химических условий образования желе и давало бы ключ к определению пригодности яблочного пюре для варок. Один из предложенных методов привлек большое внимание и имеет значение и в настоящее время.

Именно в 1924 г. Вендельмутом (16) был предложен метод определения вязкости водных вытяжек из яблочного теста для определений пригодности последнего. Автор утверждал, что вязкость таких вытяжек, полученных при стандартных условиях, идет симбатно с содержанием метоксилов и желеирующей способностью пектина.

Эта работа привлекла внимание. В особенности идея определения вязкости была поддержана в американской литературе, в частности Баркером. Метод вискозиметрии им применялся при производстве пектина для определения оптимума экстракции, достоинства экстракта и т. п., им были даже составлены специальные таблицы (3) и специальная пипета для определения вязкости (4).

Однако с течением времени выяснилось, что хорошего совпадения между падением вязкости и изменениями концентраций пектина не имеется. Действительно в вытяжках из плодового пюре вязкость в значительной мере определяется переходящими в вытяжку сахарами и пр., и лишь с уменьшением в количествах этих веществ наблюдается желаемая пропорциональность. Поэтому определение вязкости может служить лишь приблизительным материалом достоинств заготовляемых пюре. В Ленинградском институте пищевой промышленности также проводилась работа по определению годности суждений о достоинствах яблочного пюре по определению вязкости стандартных водных вытяжек, причем оказалось, что можно найти определенную цифру относительной вязкости, ниже которой яблочное пюре не дает мармеладного желе, но в области желеобразующих пюре никаких правильных соотношений между вязкостями вытяжек и достоинствами образующихся желе найти не удалось.

Итак, на примере настоящей статьи мы видим, что практика мармеладных варок поставила перед коллоидной химией ряд сложных задач.

Решение вопроса на чистых образцах пектина в свою очередь значительно помогло практике и также привело к углубленному пониманию свойств пектина, изложению которых и посвящен наш второй очерк.

Дополнение

В заключение настоящей части изложения, мы остановимся на статье о пектине Мейерса и Бекера (Meyers and Baker, 13), к сожалению появившейся позднее сдачи в печать нашей первой статьи (18) заметки, посвященной химии пектина, почему материалы этой статьи и не могли быть помещены в нашем первом очерке.

Довольно обширная химическая часть изложения не приносит ничего принципиально нового в наши знания о строении пектина, в основании которого авторы, строго придерживаясь данных Эрлиха, кладут тетрагалактуроновые кислоты. В полном согласии с Эрлихом трактуются и вопросы изменения пектина и присоединения его остальных компонентов. Но по вопросу о соотношениях продуктов распада пектина авторы в своих взглядах отходят от Эрлиха. В первом нашем очерке мы посвятили много места вопросу изменения взглядов на количественное содержание метоксильных групп в пектине, колеблющееся от восьми у Фелленберга до четырех — у большинства современных авторов. Однако ряд количественных анализов пектинов показывает, что процент метоксильных групп соответствует их содержанию всегда несколько ниже восьми при признании пектина за октаметоксилат и несколько ниже четырех при тетраметроксилатных воззрениях.

Ряд указанных соображений, а также сопоставлений соотношений метоксилов с другими компонентами, входящими в молекулу пектина, привел авторов к утверждению, что основное ядро пектиновой молекулы состоит не из одной тетрагалактуроновой кислоты, что соответствует взглядам Эрлиха, а из двух соединенных между собой в октагалактуроновую кислоту. Октагалактуроновая кислота строится из 8 моногалактуроновых кислот с потерей 9 молекул воды. 7 карбоксильных групп замещены метоксилом и 1 группа свободна. Если учесть, что при соединении 1 молекулы арабинозы + 1 молекула + галактозы + 2 молекулы уксусной кислоты + 7 молекул метоксила + 8 молекул галактуроновой кислоты теряется 20 молекул воды, то для основного ядра пектина получается следующая общая формула: $C_{70}H_{98}O_{58}$, которой соответствует молекулярный вес 1867.

Таким образом, в согласии с авторами, негидролизованный пектин есть CaMg моноарабино-моногалакто-диацетил-гептаметоксил-октагалактуроновая кислота.

Как видно из изложенного, принципиальных изменений во взгляды на строение пектиновых веществ авторы не вносят, высказываемые же ими положения требуют количественной проверки.

Далее авторы отмечают, что строение пектиновой молекулы не является единственно критерием ее желеирующей силы, необходимо обращать внимание и на физико-химическую сторону вопроса.

Частичное удаление многих конституэнтов, сопровождаемое понижением вязкости и оголением карбоксильных групп, еще не означает и не измеряет падения желеирующей силы пектина.

С некоторой границы начинается распадение ядра пектина, и лишь в этом случае вязкость служит измерением желеирующей силы. В дальнейшем авторы без достаточных оснований резко нападают на убеждение о значении метоксильных групп, считая его совершенно неверным. Согласно авторам, желеирующая сила может быть совершенно расстроена без выделения метоксила.

В двух наших очерках мы показали, какая большая работа была проделана в области исследования пектина; мы видим также, что впереди предстоит еще много трудов, но каждый год приносит все новые и новые достижения, позволяющие овладеть капризными и многообразными свойствами этого сложного вещества.

Литература

1. Авдеичев. Пастильно-мармеладное производство и т. п. Госторгиздат, Ленинград, 1931. (Кроме того ряд статей в журнале „Пищевая промышленность".) — 2. Barker B. T. Journ. Soc. Chem. Ind., 37, 1918. — 3. Barker G. L. and Kneeland. Fruit products 14—204. 1935. — 4. Barker G. L. Food industry. 6—305, 1934. — 5. Campbell C. H. Journ. Ind. Eng. Chem., 37—245, 1918. — 6. Campbell C. H. The Canner. 57 (Nov.). 1923. — 7. Eckart H. und Gyalokay. Konserv. Industr. 14—23, 1927 — 8. Glückmann S. Kolloid-Zeitschrift 55; Heft 1—64. 1931. — 9. Goldthwaite N. Journ. Ind. Eng. Chem. 1, 333, 1909; 11, 457, 1910. — 10. Гудлет, Пектин, его свойства и применение. Снабтехиздат, 1932. — 11. Luers und Lochmüller. Kolloidzeitschrift. XIII, Heft 12. 154. 1927. — 12. Melitz. Konserv. Industrie №№ 45—51. 1926. — 13. Meyers and Baker. Del. Agr. Exp. Sta. Bull. 187, 3, 1934. — 14. Sing, Journ. Ind. Eng. Chem. 710, 1922. — 15. Spenser Gene. Journ. Phys. Chem. 33, 1978, 2—11, 1929. — 16. Wendelmuth. Kolloidchem. Beiheft. 19—115, 1924. — 17. Церевитинов. Химия плодов и овощей, Сельхозгиз. 1933. — 18. М. А. Гудлет. Ботáн. журн. СССР т. 19 № 6 (1934).

РЕФЕРАТЫ

Leibach F. und **Fischnich O.** Künstliche Wurzelneubildung mittels Wuchsstoffpaste. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. LIII, 5, 528—539 (1935).

(Лайбах Ф. и Фишних О. Искусственно вызванное образование корней применением пасты с ростовым веществом).

Автор предпринял ряд опытов для более подробного изучения, подмеченного им в прежних исследованиях явления образования корней при действии пасты с ростовым веществом на растение, не подвергнутое хирургическому приему.

Главная часть опытов проводилась с разновидностью *Coleus*, листья которого, а иногда и стебли, содержали обилие антоциана. Кроме того часть опытов ставилась и с конскими бобами и томатом.

Ростовым веществом служила паста, изготовленная из уксуснокислого β-индолила в довольно высоких концентрациях.

Пасту наносили на определенные участки стебля, черешка или средней жилки листа и наблюдали за ее действием. Из очень подробных протокольных записей явствует, что примененное ростовое вещество (гетероауксин) действовало быстро и вполне определенно. Так в опытах с *Coleus* получены следующие результаты:

а) При смазывании пастой двух противоположных сторон четырехгранного междоузлия под какой-нибудь парой листьев через 6 дней замечалось образование наплыва только на смазанных сторонах, а микроскопическое наблюдение убеждало в образовании новых проводящих пучков. Через 11 дней только у смазанных участков заметны были зачатки корней.

в) То же самое получалось при нанесении пасты на междоузлие над какой-нибудь парой листьев.

В качестве контроля служила паста, изготовленная из ланолина с водой. В течение 14 дней действия не наблюдалось, между тем как за то же время действие ростового вещества всегда проявляло себя в многочисленных аналогичных опытах.

Следующая серия опытов была посвящена действию ростового вещества на среднюю жилку двух супротивных листьев. Жилку смазывали либо с верхней, либо с нижней стороны, либо с обеих сторон.

В первом случае через 12 дней замечались утолщение жилки и зачатки корешков на черешке, именно на верхней его стороне. Если пасту наносили на участок средней жилки у верхушки листа, то не получалось ни наплыва ни корней.

При нанесении пасты на нижнюю сторону средней жилки через 10 дней показывались зачатки корней ниже данных листьев, причем они образовались на протяжении трех междоузлий. Особенно обильны они были в узлах. Через 14 дней зачатки корней появлялись и на нижней стороне самой жилки.

При двустороннем нанесении пасты на среднюю жилку черешки данных листьев через 10 дней сильно утолщались, и появлялись многочисленные корешки на стебле, ниже обработанных листьев на протяжении двух междоузлий, располагаясь как по сторонам, так и граням. Таким образом опыты с *Coleus* выявили, что при нанесении ростового вещества на его стебель действие локализовано и ограничиваетея лишь смазанным участком. Средняя жилка реагирует иначе, в ней ясно сказывается кроме локального и действие на расстояние, т. е. проведение в продольном нисходящем направлении.

Опыты с томатом выявили весьма быстрое действие того же ростового вещества, причем действие это оказалось направлено и на расстояние и двусторонне, т. е. вверх и вниз. Однако, автор с осторожностью подходит к этим явлениям ввиду того, что томат очень легко образует придаточные корни и без всякого воздействия извне.

Интерес представляет, главным образом, опыт с растением, которое было положено горизонтально. Стебель был привязан к палочке, и верхняя его сторона была смазана пастой на протяжении двух сантиметров. Корни образовались как на верхней, так и на нижней стороне, причем на нижней стороне — на всем протяжении укрепленного в горизонтальном положении стебля. Лишь верхушка, геотропически изогнутая, была лишена корней.

В опытах с конскими бобами прибегали к хирургическому приему: надсемядольное колено перерезалось ниже листа, и поверхность его смазывалась пастой с вышеуказанным веществом. Через 6 дней зачатки корней появились в виде нескольких рядов на всем протяжении стебля. Таким образом у этого растения при данной постановке проведение ростового вещества имеет место в нисходящем направлении.

На основании всех проведенных опытов автор делает вывод, что ростовые вещества оттекают из нижней стороны листа в проводящие пучки стебля и оттуда проявляют свое действие.

Проведения в поперечном направлении стебля не наблюдалось. Автор затрудняется объяснить причину локализации, подмеченной у стебля, т. е. образования корней только на участке, смазанном ростовым веществом. В качестве рабочей гипотезы он допускает, что при проникновении в ткани ростовое вещество потребляется на растяжение, размножение клеток и образование корней раньше, чем оно может проникнуть в проводящие пути в достаточной концентрации.

То, что в листе ростовое вещество скорее передвигается в поперечном направлении, можно объяснить тем, что жилка тоньше стебля. Статья иллюстрирована четырьмя очень четкими и убедительными фотографиями. Автор продолжает работать с ростовыми веществами и в конце статьи сообщает, что новые опыты вполне подтверждают изложенные результаты.

М. Лилиенштерн

Zimmerman P. W. and **Hitchcock A. E.** The response of roots to „rootforming" substances. Contrib. from Boyce-Thompson Institute, vol. 7, Nr 4, 439—445 (1935).

(**Циммерман П. В.** и **Хитчкок А. Е.** Реакция корней на корнеобразующих веществах).

В этой работе авторы показывают, какие реакции вызывают ростовые вещества в воздушных корнях тропического винограда (*Vitis* sp.).

Когда этот виноград растет в оранжерее, он вскарабкивается до крыши и разрастается, цепляясь за балки и другие предметы, которые могут захватить усики. Из узлов винограда вырастают воздушные корни, которые тянутся на большое расстояние без ветвления (в оранжерее Ботанического сада в Миссури — до 30—40 футов) до тех пор, пока они не придут в соприкосновение с почвой или другим влажным материалом. В Бойс-Томпсоновском институте это растение было посажено в почву, на глубине в два куб. фута, быстро выросло, произведя лозы более чем 20 фут в длину. Достигнув крыши, они образовали воздушные корни, спустившиеся без ветвления до грунта оранжереи, т. е. на 10 фут. Ветвление корней происходило лишь при контакте их с почвой или водой. При погружении корней в воду появлялось несколько ветвей, которые в свою очередь также ветвились, если оставались несколько дней в воде. При перерезании корней вырастали из оставшегося куска как раз над поверхностью среза одна или две ветви. Часто возникало несколько корней, но продолжал расти только один. Среднее удлинение корней в сутки было 4 д. Зона роста простиралась на 10 д и более от конца корня. Зона наибольшего удлинения простиралась на 2—3 д от конца корня.

В качестве ростовых веществ в опытах с этим растением применялись следующие кислоты: 1) α-нафтален-уксусная, 2) индоло-масляная, 3) индоло-уксусная, 4) индолопропионовая, 5) Δ (три-индоло)-валериановая и 6) фенил-уксусная. Водные растворы этих веществ применялись в концентрации от 0,00007—0,0006%, а ланолиновые препараты содержали от 0,01—1% ростовых веществ. Корни погружались в водные растворы, а ланолиновые препараты намазывались стеклянной палочкой вдоль корней или на концы их.

Как показали опыты, эти шесть химических соединений обладают способностью вызывать образование корней на стеблях, листьях и на самих корнях, почему эти вещества и могут быть названы „корнеобразующими".

Опыты дали следующие результаты:

1) Когда ланолиновые препараты применялись вдоль зоны роста, новые ветви корней появлялись через 3 или 4 дня. Ростовые вещества вызывали также утолщение и замедление роста корней.

2) Рост кончика корней доминировал над ветвлением корней. Вновь образованные корни задерживались в развитии, когда кончик главного корня возобновлял рост после задержки веществами, примененными к нему. Посредством новой обработки кончика главного корня ветви корней побуждались к росту. Доминирующая сила

кончика корня ослаблялась при искусственной задержке его роста синтетическими ростовыми веществами или при погружении в воду.

3) Применение ростовых веществ позади зоны роста было сравнительно не эффективно: или вещество не проникало или старая ткань была не столь восприимчива, как ткань зоны роста.

Г. В. Домрачев

Srodon. A. Studja nad szczatkami dyluwjalnemi z rodziny *Nymphaeaceae*. Starunia 1935, 7 стр. 19, с 5 рис. в тексте и 1 таблицей.

(Сродонь. А. Изучение дилювиальных остатков растений сем. *Nymphaeaceae*).

Опробковевшие листовые следы водяных растений данного семейства прекрасно сохраняются в ископаемом состоянии. Автор дает подробное описание, а также анатомические рисунки листовых следов растений, найденных в слоях межледникового периода в Самостржельниках. Эти растения следующие:

Brasenia purpurea Michx. — растение, доминирующее в межледниковой флоре. До сего времени его находили только в виде сохранившихся семян. Впервые Шафер нашел его листовые следы и дал автору для обработки.

Nymphaea alba L. и *Nuphar luteum* L. (Sibth. et Sm.).

М. Лилиенштерн

ХРОНИКА

Общественный смотр ботанической работы в заповедниках

Стационарная комиссия при Государственном ботаническом обществе продолжает рассмотрение и обсуждение итогов и программ стационарных ботанических исследований с целью программно-методического согласования их. В феврале и марте с. г. состоялись открытые собрания для обсуждения программ и методики ботанических исследований в заповедниках Кавказском, Астраханском, Мордовском и Печорском. На собраниях ботаниками этих заповедников сделаны следующие сообщения:

1. Л. И. Соснин. Леса Кавказского заповедника и задачи их изучения.
2. К. В. Доброхотова и Л. Н. Михайлова. О ботанических исследованиях в Астраханском заповеднике в 1936 г. (изучение и картирование растительности, изучение зарослей рогоза и лотоса).
3. Н. И. Кузнецов. Мордовский заповедник как объект геоботанического изучения.
4. А. М. Леонтьев. Растительность Печорского заповедника и задачи ее изучения.

Эти доклады вызвали оживленное обсуждение ряда организационно-исследовательских, программных и методических вопросов. Заключения по каждому докладу представлены в Комитет по заповедникам. Здесь сообщаются главнейшие из выводов комиссии.

1. По докладу Л. И. Соснина, комиссия имела суждение о программе работ Кавказского заповедника и нашла, что в ботаническом разделе работ его наблюдаются бесплановость и крайняя неустойчивость программных установок, приведшая к срыву ряда ценных начинаний в деле изучения флоры и растительности. Инвентаризация флоры и растительности, начатая А. И. Лесковым, была прекращена заповедником, затем вновь начата Л. Н. Васильевой и снова прекращена заповедником до установленного срока ее окончания. Такова же судьба стационарных исследований растительности. В связи с этим — текучесть научного персонала и отсутствие — после многих лет работы заповедника — даже инвентаря флоры и растительности и геоботанической карты.

В 1936 г. Комитетом по заповедникам приняты разработанные членом-корреспондентом Академии Наук, проф. В. Н. Сукачевым, и доложенные на общем собрании Государственного ботанического общества основные установки при организации ботанических исследований в заповедниках (напечатаны в журнале „Советская ботаника“ 1936, в. 3). Программа ботанической работы в Кавказском заповеднике на 1937 г. не была согласована с этими установками. Нельзя не выразить сожаления в том, что ни Комитетом по заповедникам, ни Кавказским заповедником программа на 1937 г. не была представлена в Комиссию содействия при Ленинградском университете и не была подвергнута своевременно общественному просмотру.

Стационарная комиссия пришла к заключению, что план ботанического раздела работы Кавказского заповедника на 1937 г. нуждается в коренной переработке с тем, чтобы в нем нашли должное место темы, отвечающие задачам заповедника согласно упомянутым выше установкам. Необходимо подытожить имеющиеся флористические и геоботанические материалы, продолжить инвентаризацию флоры и растительности, приступить к геоботаническому картированию заповедника, развивать стационарное изучение лесной и луговой растительности. Комиссия полагает, что этим работам, как и работам зоологическим, надлежит занимать главное место и ведущую роль в программе Кавказского заповедника, так как иначе комплексные исследования в нем будут лишены целеустремленности и будут противоречить профилю Кавказского заповедника. Комиссия высказалась за то, чтобы к программно-методическому руководству научной работой заповедников привлечь соответствующие кафедры Ленинградского и Московского университетов и институты Академии Наук СССР, как это рекомендовалось I Всесоюзным съездом по охране и содействию развитию природных богатств СССР и I Всесоюзным географическим съездом.

2. Доклады К. В. Доброхотовой и Л. Н. Михайловой показали, что в Астраханском заповеднике проведена большая работа, интересная в научном отношении и совершенно необходимая для заповедника.

Нельзя, однако, считать произведенную инвентаризацию флоры и растительности законченной. Некоторые растительные ассоциации трактуются еще слишком широко; их надо расчленить, чтобы точнее характеризовать условия местообитания. Некоторые близкие виды растений также требуют более подробного изучения их распределения.

Комиссия признала очень ценным начатое в Астраханском заповеднике детальное изучение отдельных видов растений (рогоза, лотоса). Развивая подобные исследования, целесообразно включать следующие темы: 1) вид как компонент фитоценоза (сюда входит изучение вида в ассоциациях различной сложности и состава); 2) вид как образователь среды фитоценоза (здесь подразумевается изучение влияния вида на экологические факторы фитоценоза); 3) цикл развития как сумма вегетативной и генеративной фаз и ритмичность чередования последних; 4) динамика массы (разрастание и отмирание зарослей, смена ими и их).

Обсуждение данных о растительности Астраханского заповедника, в частности данных о зарослях тростника, показало, что для более полного научного познания растительных ассоциаций и видов совершенно необходимо сравнительное исследование их в различных географических условиях обитания. Поэтому, Комиссия высказала пожелание, чтобы заповедники имели возможность ставить свои исследования в более широком географическом плане, командируя своих сотрудников для изучения географических вариантов флоры и растительности заповедника.

3. По обсуждении доклада Н. И. Кузнецова Комиссия сочла целесообразным поставить перед Комитетом по заповедникам вопрос о согласовании работ в различных заповедниках, разрабатывающих сходные темы. В настоящее время согласованности в этих работах нет. Между тем одновременное и по одинаковой программе проводимое исследование на одну и ту же тему в различных географических областях должно 1) в высшей степени увеличить ценность работы каждого отдельного заповедника, 2) скорейшим путем и наиболее полно разработать тему в широком географическом охвате и этим увеличить теоретическую и практическую значимость исследования: например сосновые леса изучаются в нескольких заповедниках, и в каждом из них без всякой связи и согласования с другим. Но такие вопросы, как типология сосновых лесов, их возобновление, биология сосны и ее конкурентные отношения с другими породами — будут разрешены полнее и много дадут для понимания лесов всего СССР, если согласованную разработку этих вопросов провести не только в Мордовском заповеднике, но и в Бузулукском, и в Наурзумском (вблизи юго-восточных степных границ сосны), и в Центральном лесном (запад Союза), и в Лапландском (крайний север) и т. д. Так же обстоит дело и с многими другими темами заповедников.

Что касается общего направления ботанических исследований в Мордовском заповеднике, то оно определяется 1) положением заповедника вблизи южных границ распространения ели и на стыке еловых, сосновых и широколиственных лесов, 2) положением его в южной части области сплошного распространения лесов, где лесовозобновление на вырубках значительно затрудняется сильной конкуренцией со стороны травянистой растительности. Поэтому, среди основных проблем на первое место выдвигаются две: 1) взаимоотношения между сосновыми, еловыми и широколиственными лесами в данных географических условиях, 2) взаимоотношения между лесной и травянистой растительностью (сюда входит изучение динамики травянистой растительности на лесосеках и влияние на лесовозобновление явлений олуговения и остепнения лесосек и лесных ассоциаций).

В 1937 г., наряду с продолжением инвентаризации флоры и растительности и с началом составления геоботанической карты заповедника — как основ дальнейшей работы, — желательно произвести рекогносцировочное обследование лесов ближайших районов, чтобы точнее определить типические черты лесной растительности заповедника и ее особенности.

В заключении по докладу о Мордовском заповеднике комиссия высказала пожелание, чтобы программы и планы ботанических исследований в заповедниках заблаговременно (до их утверждения) подвергались общественному просмотру через Стационарную комиссию Ботанического общества, которая в числе своих задач имеет, как основную, содействие развитию стационарных ботанических исследований.

Председатель Стационарной комиссии
А. Шенников

Заключение

Стационарной комиссии Государственного ботанического общества по докладу Е. В. Никитиной (г. Фрунзе) о геоботаническом изучении зимних пастбищ в районе Иссык-куля (Киргизская ССР)

Заслушав и обсудив на открытом собрании 4 февраля с. г. доклад Е. В. Никитиной, комиссия пришла к следующему заключению.

1. Киргизский научно-исследовательский институт животноводства, организовав стационарное ботаническое изучение кормовых угодий, успешно проводит его и дает животноводству Киргизской ССР сведения, необходимые для улучшения кормовой базы.

2. В дальнейшем, стационарам Института необходимо обратить особенное внимание и усилить работу по изучению наблюдаемых смен растительности, т. е. ее динамики, так как разработка теории смен есть неизбежная предпосылка при разработке агротехники улучшения сенокосов и пастбищ.

3. В связи с этим в работе стационаров должно найти место изучение экологии пастбищных зарослей и их группировок. На зимних пастбищах совершенно необходимо изучение их и в период вегетации для исследования условий накопления растительной массы, определяющих зимнюю продуктивность пастбищ.

4. Комиссия, отмечая выдающуюся роль стационаров Киргизского научно-исследовательского института животноводства в познании растительности сенокосных и пастбищных угодий, выражает пожелание об углублении стационарных исследований в указанных выше направлениях одновременно с разработкой методики этих исследований.

Заключение подписано председателем Государственного ботанического
общества академиком *В. Л. Комаровым* и
председателем Стационарной комиссии проф. *А. П. Шенниковым*

В редакцию Ботанического журнала СССР [1]

В №3 Ботанического журнала СССР на 1936 г. помещена рецензия А. Д. Лордкипанидзе на мою работу „Обзор дубов Кавказа", напечатанную в №№ 2 и 3 того же журнала за 1935 г. Хотя, быть может, помещение в журнале рецензии на рецензию и не является общепринятым, все же в данном случае я считаю необходимым высказать свои замечания по некоторым наиболее существенным пунктам рецензии. Дело в том, что А. Д. Лордкипанидзе допустил в своей рецензии ряд фактически неверных утверждений, которые, искажая сущность вопроса, вносят новую и излишнюю путаницу в трудный вопрос систематики и географии дубов Кавказа и Передней Азии.

Замечания мои следующие.

1. Рецензент категорически утверждает, что приводимый мной для Кавказа *Q. longifolia* Koch на Кавказе не встречается. Рецензент пытается доказать, что *Q. longifolia* Koch неотличим от *Q. dschorochensis* Koch и что его можно считать лишь разновидностью или формой последнего. Таким образом, по мнению рецензента, указываемые мной для Кавказа *Q. longifolia* Koch и *Q. dschorochensis* Koch идентичны, но „приоритет принадлежит названию *Q. dschorochensis* Koch". Таким образом на Кавказе есть *Q. dschorochensis* Koch, а *Q. longifolia* Koch отсутствует и вообще, как особый вид, не существует. Тут прежде всего совершенно неверно утверждение о приоритете — диагноз обоих видов опубликован Кохом одновременно в 1849 г., в XXII томе журнала Linnaea, но диагноз *Q. longifolia* Koch помещен на стр. 327-й, а *Q. dschorochensis* на 328-й, т. е. по положению первый предшествует второму. Таким образом, если бы эти два названия были синонимами, то, строго говоря, приоритет был бы за названием *Q. longifolia* Koch, а не за *Q. dschorochensis* Koch, как утверждает рецензент.

Вопрос о том, являются ли эти два названия синонимами, решается не так просто, как это думает рецензент, а даваемое им сопоставление признаков *Q. longifolia* и *Q. dschorochensis* далеко не обнимает всех деталей, которые имеются в диагнозах обоих видов. Не уточнены им также и отличия, особо подчеркиваемые Кохом и заключающиеся в форме листьев и в отстоящих у *Q. longifolia* чешуйках плюски (этот признак хорошо выражен у экземпляров из Аджаристана). Разрешить вопрос о тождестве этих двух видов можно только на основании исследования аутентичных экземпляров Коха, хранящихся в Ботаническом саду в Далеме. К сожалению, несмотря на мои туда обращения, мне не удалось получить ни этих экземпляров для ознакомления ни фотоснимков с них. Думаю, что их не было и у рецензента. Однако работающий в Далеме ботаник O. Schwarz, готовящий монографию дубов Евразии и, несомненно, хорошо знающий аутентики Коха, считает *Q. longifolia* Koch и *Q. dschorochensis* Koch разными видами. В работе своей 1934 г. (см. Fedde, Repertorium XXXIII, 1934) он считает *Q. longifolia* Koch синонимом *Q. iberica* Stev., а *Q. dschorochensis* Koch сохраняется им в качестве особого вида, который отнесен им к иной подсекции *Robur*, чем *Q. longifolia* (=*Q. iberica*). В последней работе 1936 г. (см. Notizblatt d. Bot. Gartens u. Mus. Berlin-Dahlem, XIII, № 116). O. Schwarz уже признает видовую самостоятельность и *Q. dchorochensis* Koch и *Q. longifolia* Koch, относя их к разным сериям подсекции *Roburiformis*.

---

[1] *От редакции.* Помещая в настоящем номере Ботан. журн. СССР ответ В. П. Малеева на рецензию его работы А. Д. Лордкипанидзе, редакция считает этим дискуссию по поводу статьи В. П. Малеева законченной. Многие вопросы, касающиеся систематики и географии кавказских представителей рода *Quercus* и возбудившие настоящую дискуссию, для своего уяснения требуют дополнительных исследований.

Вместе с тем, для них указываются и несколько различные ареалы — для первого „Östlicher Pontus bis Transkaukasien“ и для второго — „Armenisch-Pontische Gebirge“. Очевидно, обе эти работы остались неизвестными рецензенту, так как иначе он вряд ли так безапелляционно утверждал бы о тождестве этих двух видов. Итак, *Q. longifolia*, судя по всем данным (что, конечно, еще следовало бы проверить изучением аутентиков), вовсе не синоним *Q. dschorochensis*, который к тому же вовсе не имеет приоритета перед *Q. longifolia*. И *Q. longifolia*, вполне отвечающий диагнозу Коха, есть на Кавказе, в Аджаристане и соответственно достаточно обильный материал есть в гербарии БИНа. Но на Кавказе, как оказывается, нет настоящего *Q. dschorochensis* Koch, который я ошибочно указывал в своей работе. Полученные мной уже после того, как моя работа была напечатана, в письме от O. Schwarz'а сведения об аутентичном экземпляре *Q. dschorochensis* Koch убедили меня в том, что вид этот на Кавказе отсутствует. То, что я подразумевал под этим названием, представляет собой особый вид, который в моей обработке дубов в V томе „Флоры СССР“ описан как *Q. Woronowii*, чем и исправлена моя ошибка в „Обзоре дубов Кавказа“. И именно этот *Q. Woronowii*, а не *Q. dschorochensis* весьма близок к *Q. araxina* (Trautv.) Grossh.

2. Рецензент пишет: „непонятно, почему автор рассматривает как отдельные виды *Q. armeniaca* Ky. и *Q. Hartwissiana* Stev., не имея соответствующих материалов, кроме литературных указаний Голицына, который *Q. armeniaca* Ky. приводит для Кавказа. Малеев считает это обоснованным“. Прежде всего *Q. armeniaca* приводится для Кавказа не только Голицыным, но и большинством кавказских авторов, в том числе и монографом кавказских дубов Я. С. Медведевым. Затем эти указания *Q. armeniaca* для Кавказа Голицына и др. авторов я вовсе не считаю обоснованными, поскольку я, как это совершенно ясно видно из моей работы, *Q. armeniaca* Ky. считаю на Кавказе отсутствующим. Никак не понятно, как „литературные указания“ Голицына, который считает *Q. armeniaca* и *Q. Hartwissiana* синонимами, смогли послужить мне материалом для того, чтобы трактовать эти виды как различные. Наконец, мнение мое, что *Q. armeniaca* Ky. не идентичен с *Q. Hartwissiana* Stev., основывается на исследовании гербарного экземпляра *Q. armeniaca* Ky. с северного склона Понтийского хребта, т. е. из того района, из которого этот вид был описан. Этот экземпляр был мной получен из Kew Gardens, в наших же гербариях материал по *Q. armeniaca* из этого района отсутствует. Естественно, что исследование одного экземпляра позволяет мне предполагать что эти виды различны, но не дает возможности провести четкое их разграничение.

3. Рецензент меня упрекает, что я не учел вопроса об идентичности кавказского *Q. robur* L. с западноевропейским. Мне кажется, это неверно — раз я привожу для Кавказа (для Предкавказья) *Q. robur* L., значит, я считаю его идентичным с западноевропейским. При свойственном этому виду значительном полиморфизме я не вижу географически сопряженных с северокавказским ареалом признаков, которые позволили бы северокавказский *Q. robur* L. выделить в особый вид. Эти признаки есть у близких к *Q. robur* L. закавказских рас — *Q. imeretina* Stev. и *Q. pedunculiflora* Koch, и я их, как известно, считаю особыми видами. Но совершенно не верно указание рецензента, „что правильно приводился не только для Кавказа, но и для всего Союза *Q. pedunculata* Ehrh., а не *Q. robur* L.“ Рецензент обещает высказаться об этом в особой статье. Будет весьма интересно ознакомиться с соответствующей аргументацией рецензента, так как сейчас достаточно хорошо известно, что *Q. robur* L. и *Q. pedunculata* Ehrh. — синонимы и что *Q. pedunculata* Ehrh. есть nomen nudum. Об этом достаточно много писалось, и кроме основательного исследования по этому вопросу Ulbrich'а (см. Mitteil. d. Deutsch. Dendrol. Gesellsch., 1924) можно указать еще на статью Moss'а в Journ. of Botany. т. LXXIII, 1910, и на статью Schwarz'а в том же журнале, т. LXXIII, 1935 г. В том же, что *Q. pedunculata* Ehrh. есть nomen nudum, окончательно можно убедиться, справившись в сочинении самого Ehrhart'а в его Index „Arborum, Fruticum et Inffruticum etc., на стр. 161-й V тома сочинения „Beiträge zur Naturkunde“, где в списке под № 77 значится *Q. pedunculata* Ehrh. без всякого описания. Таким образом, если СССР свойствен не *Q. robur* L., а какой-то другой вид, что со

мнительно, но может быть впоследствии будет доказано рецензентом, то во всяком случае вид этот не может называться *Q. pedunculata* Ehrh.

4. Не останавливаясь на всех замечаниях рецензента об ареалах кавказских дубов, отмечу только два. Рецензент категорически утверждает, что „*Q. imeretina* Stev. в Абхазию не заходит". Это совершенно не верно: *Q. imeretina* весьма обычен в Южной Абхазии, заходя на север до р. Кодора. Здесь, в Южной Абхазии, повсюду на верхнечетвертичных террасах сохранились остатки лесов из *Q. imeretina*. В отчетах Абхазской экспедиции БИНа 1934 г., ныне печатающихся, мной дается подробное описание распространения образованных этим дубом лесов в Абхазии, и это докладывалось мной на семинаре Геоботанического отдела БИНа в мае 1935 г. На этом докладе моем присутствовал рецензент, который, кроме того, несомненно видел в гербарии БИНа переданные мной туда экземпляры *Q. imeretina* Stev. из Абхазии. Таким образом такое категорическое утверждение рецензента является совершенно голословным и неверным.

Что касается упрека рецензента по поводу того, что мной не учтены данные экспедиции Грузфилиала Ак. Наук СССР о распространении *Q. macranthera* F. et M. в Сванетии, то естественно, что я их не использовал, так как материалы экспедиции до сих пор не опубликованы, а сама экспедиция была в 1935 г., когда моя работа была уже напечатана.

В. Малеев